Ранас Раушанович Мукминов

АКАДЕМИЧЕСКАЯ ИНЖЕНЕРИЯ
ПРАКТИЧЕСКИЙ ПЛЕЙБУК

Physical AI

От нейросетей к гуманоидным роботам

Обучение эмбодированных агентов и Spatial Computing

2026 EDITION

Ранас Мукминов

Physical AI: От нейросетей к гуманоидным роботам

https://litres.ru/73600764
SelfPub; 2026

Аннотация

Искусственный интеллект больше не заперт в серверах — он выходит в реальный физический мир. Данный фундаментальный труд исследует парадигму воплощенного интеллекта

(Embodied AI) и процесс интеграции больших языковых моделей (LLM) в аппаратное обеспечение.

В книге подробно рассматриваются алгоритмы компьютерного зрения, кинематика многосуставных механизмов и принципы пространственного вычисления (Spatial Computing).

Читатель найдет практические плейбуки по прошивке промышленных контроллеров, обучению роботов в симуляционных средах (Digital Twins) и настройке безопасного

взаимодействия машин с человеком на производстве. Это руководство для инженеров-робототехников и разработчиков, создающих автономные навигационные системы для

сложных, неструктурированных сред.

Содержание

Введение	17
1. Что такое Physical AI	38
2. От LLM и vision к действию	62
3. Стек Physical AI	86
4. Рынок и игроки	111
5. Исторические корни воплощённого интеллекта	135
6. Агентность и действие в физическом мире	162
7. Замкнутый контур восприятие—действие	190
8. Ограничения реального мира	217
9. Системное мышление о роботах	245
10. Уровни автономности	272
11. Человеческий фактор и совместная работа	275
12. Лаборатория, производство и поле	307
13. Метрики полезности робота	338
14. Архитектура продукта Physical AI	366
15. Как читать эту книгу и строить карту решений	390
5. Камеры и оптика для роботов	411
6. Лидары, радары и дальномеры	434
7. Тактильные сенсоры и сила контакта	456
8. IMU, энкодеры и proprioception	478
9. Калибровка и синхронизация сенсоров	502

10. 2D- и 3D-восприятие сцены 523
11. Детекция, сегментация и трекинг 545
12. SLAM: локализация и карта мира 564
13. Семантические и топологические карты 591
14. Мультимодальное слияние 614
Неопределённость и доверие к восприятию 635
Разреженные и деградированные наблюдения 638
15. Ошибки восприятия и safety-кейсы 641
Датасеты для роботического зрения 662
Тестирование perception-пайплайна 665
Представления состояния и мира 668
Политики управления 671
Imitation learning и демонстрации 674
Reinforcement learning в симуляции 677
Перенос обучения на железо 680
Foundation models для роботов 683
Vision-language-action модели 686
Планирование задач и движений 689
7. Иерархия политик и опции 692
Память и перенос навыков 696
Tool-use на физическом устройстве 716
Обучение на лету 720
Человеческая обратная связь 723
Композиция и обобщение навыков 726
Оценка и валидация политик 729
Координатные системы и кинематические цепи 749

Прямая и обратная кинематика 753
Динамика твёрдого тела и манипулятора 756
Сервоприводы и редукторы на практике 777
Редукторы, люфты и передаточные механизмы 780
Питание, батареи, энергоменеджмент 784
Материалы и конструктивные компромиссы 787
Баланс и центр масс 791
Управление положением, скоростью, силом 792
Захват и манипуляция 813
Кисти и многопальцевый захват 816
Grippers и специализированная оснастка 819
Износ, люфт, обслуживание механики 823
Эргономика и дизайн для обслуживания 826
Мехатронная интеграция платформы 830
Зачем роботам симуляторы 834
Физические движки и модели мира 837
Сценарии, рандомизация и domain variation 840
Sim-to-real gap на практике 844
Калибровка симулятора по железу 847
Синтетические данные и рендер 850
Телеоперация: станция, задержка, данные 853
Разметка эпизодов и success criteria 856
Датасет как продукт 859
Активный сбор данных 862
Редкие события и long tail 865
Генерация траекторий 868

Оценка качества данных и политик 871
Бенчмарки навыков 874
Воспроизводимость экспериментов 878
ROS 2: граф узлов и QoS 882
Топики, сервисы и actions 885
Архитектура компонентов робота 888
Real-time Linux и детерминизм 891
Edge inference на борту 894
CPU/RAM/диск бюджеты 897
Оркестрация навыков 900
Управление конфигурацией 903
Логи, трассировка и observability 906
Обновления и rollback 909
HIL и интеграционное тестирование 912
Functional safety и роботы 916
Удалённый доступ и телеметрия 919
Интерфейсы человека и робота 922
Жизненный цикл программной платформы 925
Оценка риска и residual risk 929
Functional safety 932
Safety envelope и ограничения движения 933
Fail-safe и fail-soft стратегии 937
Human-in-the-loop 940
Контроль скорости и энергии 943
Резервирование и диагностика 946
Тестирование отказов 949

Безопасное обучение 952
Атаки на восприятие и управление 956
Supply chain и доверие к компонентам 959
Safety shielding и фильтры действий 962
Расследование инцидентов 965
Надёжность в длительной эксплуатации 968
Safety case для сертификации 972
Роботы на заводе 975
Склад и внутрипроизводственная логистика 978
Строительство и тяжёлая промышленность 982
Сельское хозяйство 985
Домашние задачи 988
Ритейл и гостиничный сервис 991
Медицина и лабораторная автоматизация 994
Уход и ассистивные роботы 997
Образование и демо-площадки 1000
Работа в опасных зонах 1003
Космос, подводная среда и полярные станции 1006
Инспекция инфраструктуры 1010
Роботы в чрезвычайных ситуациях 1013
Совместная работа человека и робота 1017
Выбор применения по реальной ценности 1021
Unit economics роботической системы 1024
CAPEX, OPEX и стоимость владения 1028
Производительность и окупаемость 1032
B2B, B2C и robotics-as-a-service 1036

Выбор beachhead-рынка 1039
Пилот: цели, сроки и критерии успеха 1042
Продажи сложного hardware-software продукта 1045
12. Сервис, ремонт и запасные части 1049
13. Масштабирование производства 1062
14. Закупки и контрактная модель 1075
15. Инвестиции и капиталоёмкость 1088
16. Конкурентная стратегия 1101
17. Партнёрства и экосистема 1113
18. Управление портфелем роботов 1126
19. Разбор провалов и преждевременного масштабирования 1139
5. Ответственность за вред 1152
6. Регулирование автономных систем 1170
7. Данные, privacy и видеонаблюдение 1188
8. Биометрия и чувствительные признаки 1206
9. Труд, занятость и переквалификация 1224
10. Информированное согласие 1242
11. Прозрачность и объяснимость действий 1244
12. Доступность и недискриминация 1246
13. Авторство данных и моделей 1264
14. Dual-use границы 1268
15. Экспортный контроль и санкционные риски 1272
16. Международные стандарты 1276
17. Этика экспериментов с людьми 1280
18. Экологический след 1284

19. Практический кодекс ответственного внедрения 1288
5. Reference architecture робота 1292
6. Формулировка задачи и acceptance criteria 1297
7. Выбор платформы и сенсоров 1301
8. MVP за 90 дней: план работ 1305
9. Команда и зоны ответственности 1309
10. Пайплайн данных и экспериментов 1313
11. Baseline до сложной модели 1317
12. Контуры управления и интеграция 1321
13. Стенд, полигон и тестовые протоколы 1325
14. Сборка демонстрационного сценария 1329
15. Подготовка пилота у заказчика 1333
16. Мониторинг после запуска 1337
17. Управление изменениями 1341
18. Чеклист готовности к пилоту 1345
19. Масштабирование от прототипа к флоту 1349
5. Сценарии 2026–2030 1353
6. Модели, которые понимают физику 1357
7. Дешёвые универсальные платформы 1361
8. Роботы как инфраструктурный слой 1365
9. Распределённый интеллект флота 1369
10. Новые интерфейсы обучения 1373
11. Персонализация поведения 1377
12. Гуманоидная форма: необходимость или маркетинг 1381

13. Границы универсальности 1385
14. Конвергенция AI и мехатроники 1389
15. Как изменится инженерная профессия 1393
16. Как изменится менеджмент продукта 1397
17. Долгосрочные риски и неизвестные 1401
18. Что делать читателю завтра 1405
19. Карта следующих исследований 1409
Заключение. Практическая программа действий 1413
Глоссарий: базовые понятия Physical AI 1418
Глоссарий: сенсоры и восприятие 1421
Глоссарий: обучение и модели 1424
Глоссарий: управление и кинематика 1427
Глоссарий: симуляция и данные 1430
Глоссарий: runtime и инфраструктура 1432
Глоссарий: безопасность и право 1434
Глоссарий: продукт и экономика 1436
Источники: учебники и фундаментальные работы 1438
Источники: робототехника и управление 1442
Источники: машинное обучение и foundation models 1445
Источники: компьютерное зрение и perception 1448
Источники: симуляция и sim-to-real 1451
Источники: стандарты безопасности 1454
Источники: право, этика и privacy 1457
Источники: экономика и рынок 1460

Источники: наборы данных и бенчмарки 1463
Источники: методика проверки фактов 1466
A1. Кейс: ночная приёмка на складе SKU A–C 1469
A2. Кейс: потеря калибровки после смены крепления камеры 1473
A3. Кейс: скрытый teleop и обвал после текучки операторов 1476
A4. Кейс: второй сайт без SAT-процедуры 1479
A5. Кейс: OTA в пятницу и ложный «тихий хотфикс» 1482
A6. Кейс: интеграция WMS и идемпотентность команд 1485
A7. Кейс: near miss с человеком в проходе AMR 1488
A8. Кейс: RaaS-спор про простой и data rights 1491
A9. Кейс: sim-to-real на мягкой упаковке 1494
A10. Кейс: выбор морфологии — ячейка vs гуманоид 1497
B1. Постмортем-шаблон Physical AI (полный) 1500
B2. Разбор: рост success при росте teleop 1503
B3. Разбор: эпизоды без config hash 1506
B4. Разбор: концентрация на одном поставщике камер 1509
B5. Разбор: штрафной пилот и ложь в метриках 1512
C1. Deep dive: latency budget hot path 1515
C2. Deep dive: age сенсоров в политике 1518
C3. Deep dive: словарь кодов abort и runbook 1521

C4. Deep dive: CMDB робота и software train 1524
C5. Deep dive: purpose tags и privacy pipeline 1527
C6. Deep dive: FAT/SAT протоколы с числами 1530
C7. Deep dive: force limits и ML policies 1533
C8. Deep dive: unit economics чувствительности 1536
C9. Deep dive: дисквалификаторы тендера 1539
C10. Deep dive: карта ограничений — поля и версии 1542
D1. Worked example: план MVP 90 дней понедельно 1545
D2. Worked example: заполнение RACI на 10 кодов отказа 1548
D3. Worked example: one-page для спонсора 1551
D4. Worked example: threat model без биометрии 1552
D5. Worked example: сегментные метрики по сменам 1555
E1. Приложение: чеклист готовности canary 1558
E2. Приложение: чеклист fleet-ready 1561
E3. Приложение: шаблон acceptance criteria 1564
E4. Приложение: шаблон change ticket среды 1567
E5. Приложение: шаблон эпизода (data contract) 1570
E6. Приложение: dual-use и export screening one-pager 1573
E7. Приложение: словарь метрик (printable) 1574
E8. Приложение: anti-pattern catalogue 1577
A1. Кейс: ночная приёмка на складе SKU A–C 1580

A2. Кейс: потеря калибровки после смены крепления камеры 1582
A3. Кейс: скрытый teleop и обвал после текучки 1583
A4. Кейс: второй сайт без SAT 1586
A5. Кейс: OTA в пятницу и тихий хотфикс 1589
A6. Кейс: WMS и идемпотентность команд 1592
A7. Кейс: near miss AMR с человеком 1595
A8. Кейс: RaaS-спор простой и data rights 1598
A9. Кейс: sim-to-real мягкая упаковка 1601
A10. Кейс: ячейка vs гуманоид 1604
B1. Постмортем-шаблон Physical AI 1607
B2. Разбор: success↑ при teleop↑ 1610
B3. Разбор: эпизоды без config hash 1613
B4. Разбор: один поставщик камер 1614
B5. Разбор: штрафной пилот 1617
C1. Deep dive: latency budget hot path 1620
C2. Deep dive: age сенсоров в политике 1621
C3. Deep dive: коды abort и runbook 1622
C4. Deep dive: CMDB и software train 1625
C5. Deep dive: purpose tags и privacy 1628
C6. Deep dive: FAT/SAT протоколы 1631
C7. Deep dive: force limits и ML 1634
C8. Deep dive: unit economics 1637
C9. Deep dive: дисквалификаторы тендера 1640
C10. Deep dive: карта ограничений 1641
D1. Worked example: MVP 90 дней 1644

D2. Worked example: RACI 10 кодов 1647
D3. Worked example: one-page спонсору 1650
D4. Worked example: threat model без биометрии 1651
D5. Worked example: сегментные метрики смен 1652
E1. Приложение: чеклист canary 1655
E2. Приложение: чеклист fleet-ready 1658
E3. Приложение: шаблон acceptance 1659
E4. Приложение: change ticket среды 1662
E5. Приложение: data contract эпизода 1665
E6. Приложение: dual-use/export one-pager 1668
E7. Приложение: словарь метрик 1669
E8. Приложение: каталог anti-patterns 1672
Карта терминов без иллюзий: что люди путают в Physical AI 1675
Сравнение морфологий: когда гуманоид проигрывает AMR и стационару 1697
Цифровой двойник площадки: что реально моделировать, а что нет 1720
Сценарий как контракт: как писать задачу так, чтобы её можно было принять 1743
Границы автономии: уровни вмешательства на одной схеме 1764
Исследовательский демо vs engineering pilot: разные KPI 1787
Системные антипаттерны Physical AI: разбор двенадцати типовых провалов 1810

Конец ознакомительного фрагмента. 1830

Ранас Мукминов
Physical AI: От нейросетей к гуманоидным роботам

Physical AI: От нейросетей к гуманоидным роботам

Введение

До недавнего времени «искусственный интеллект» в рабочем разговоре инженера или продакта почти всегда означал одно и то же: модель за API, вход — текст или картинка, выход — ещё текст или разметка. Ошибка стоила неловкого ответа или плохого ранжирования. Её можно было откатить релизом, спрятать за порогом confidence или просто попросить пользователя переформулировать запрос.

Как только у модели появляется тело — приводы, пальцы, колёса, корпус на двух ногах — цена той же ошибки меняется качественно. Неверный крутящий момент не «генерирует плохой токен». Он бьёт по детали, роняет робота или цепляет человека за рукав. Задержка в 200 мс, которую чат спокойно переживёт, в контуре баланса уже похожа на головокружение. Датасет нельзя докачать с веба: его надо снять телеоперацией, насинтезировать в симе или мучительно собрать на площадке, где свет другой, пол скользкий, а оператор устал к концу смены.

Эту область мы будем называть Physical AI — не как бренд, а как ярлык для систем, где обучение и вывод модели вплетены в восприятие и действие в физическом мире. Книга как раз про разрыв между «нейросеть умеет» и «железо делает это восемь часов подряд, без режиссёра за кадром».

Что ломается при переходе от экрана к телу

Цифровой стек последних лет привычен: токены, батчи, GPU в облаке, логи запросов, A/B, cost per 1K tokens. Physical AI часть этого стека переиспользует — особенно обучение представлений и большие pretrained-бэкбоны — но ломает несколько молчаливых допущений.

Действие плохо откатывается. Undo в чате — кнопка. Undo на складе — простой линии, акт, иногда травма.

Время жёстче. Контактные задачи и удержание баланса живут в циклах, где миллисекунды не риторика. Можно вынести «рассуждение» на более медленный контур, но низкоуровневый контроль так не размазать. На практике почти всегда получается двухуровневая схема: быстрый слой (сервоконтуры, рефлексы, safety stop) и медленный (планирование, язык, выбор навыка). Путаница уровней — частая причина демо, которое «иногда взлетает».

Разберём тот же разрыв на одном бытовом для завода примере — не как кейс-стади с выдуманными процентами, а как схему потоков. Допустим, задача: взять деталь из тары и положить в оснастку. В цифровом мире «успех» — модель правильно назвала класс объекта на фото. В Physical AI успех — замкнутая цепочка: камера/глубина дали позу с известной ошибкой; хват выбрал точки контакта; контроллер силы не раздавил деталь; траектория не задела соседний стол; цикл уложился в такт; при сбое захват не «завис» с деталью в воздухе. Обрыв в любом звене обнуляет пользу модели зрения, даже если её mAP на датасете радует.

На схеме это выглядит почти скучно:

сенсоры → оценка состояния → выбор навыка/политики → низкоуровневый контроль → актуаторы → снова сенсоры.

Сбоку торчат три сущности, которые часто забывают нарисовать: часы (кто задаёт deadline циклу), safety supervisor (кто имеет право рубить питание/движение), человек (teleop, подтверждение, авария). Если на вашей архитектурной картинке этих трёх нет, картинка врёт уже на этапе слайда.

Данные дороже и кривее. Успешный эпизод хвата — это минуты калибровки, синхронизации сенсоров, разметки или teleop. Синтетика помогает, пока трение, люфты и задержки связи не напомнят о себе на железе. Sim-to-real здесь не тема доклада, а еженедельный источник сюрпризов.

Модель — не продукт. Без калибровки камер, без middleware, без понятного fail-soft и без человека, который знает, какую кнопку жать при странном писке редуктора, политика останется красивым роликом. Ролик можно снять за день. Эксплуатацию — нет.

Отсюда же — типичные ложные экономии. Сэкономили на калибровке — получили систематический сдвиг позы и «плавающую» политику, которую начнут лечить ещё данными. Сэкономили на тактильности там, где детали хрупкие — будете поднимать пороги силы наугад. Сэкономили на логировании синхронизированных потоков — после падения останется только видео с телефона заказчика. Обратная сторона тоже бывает: поставить лидар «на всякий случай» в уз-

кий сценарий с хорошим освещением и статичными стеллажами, где хватило бы стерео и аккуратной карты. Лишний сенсор — лишние отказы, калибровки и интеграционный налог.

Есть ещё сдвиг, о котором на слайдах говорят реже: человек в контуре меняет роль. В чате он редактор ответа. Рядом с роботом он бывает телеоператором, супервайзером зоны, автором демонстраций, техником и тем самым «препятствием», которое система обязана не задеть. Если в спецификации не разделено, где человек обязателен, а где его присутствие маскирует дыру в автономии, пилот будет врать всем участникам сразу — включая самих разработчиков.

Полезно явно развести три горизонта, которые в разговорах сваливают в кучу. Research-demo: сцена под контролем, цель — показать новый алгоритм. Engineering pilot: сцена заказчика, цель — измерить вмешательства и простой. Production cell: регламенты, запчасти, ночные дежурства, отчётность по инцидентам. Один и тот же корпус робота может побывать на всех трёх горизонтах, но критерии и стек ответственности разные. Самая дорогая путаница — продавать заказчику язык production, имея на руках только research-demo и веру в следующий чекпоинт.

Зачем писать длинную книгу сейчас

Короткий ответ: потому что короткий обзор в этой теме вреден. Он создаёт ощущение карты при отсутствии рельефа. Команда покупает платформу, обещает заказчику «ИИ-

робота» и через квартал выясняет, что узкое место — не размер трансформера, а разъём, сертификация, отсутствие тактильного сенсора или то, что сценарий на складе меняется каждые две недели.

Длинный ответ чуть конкретнее. Сейчас в одной комнате встречаются люди с несовместимыми словарями. ML-инженер говорит про policies, evals и distribution shift. Классический robotics — про кинематические цепи, impedance control и ISO-зоны. Embedded — про циклы, jitter и теплопакет. Продакт — про payback и SLA. Пока эти языки не пересекаются, спор выглядит идеологическим: «нужен foundation model» против «нужна нормальная оснастка». Обычно нужны оба — в разных местах контура — и ещё честный список того, чего не делать вовсе.

Подзаголовок «От нейросетей к гуманоидным роботам» выбран нарочно остро. Гуманоид — не единственная и часто не лучшая морфология. Колёсный AMR, стационарный манипулятор или узкий medical device закрывают свои задачи спокойнее и дешевле. Но гуманоидная форма вытаскивает наружу почти все напряжения Physical AI разом: энергобюджет, баланс, кисти, взаимодействие со средой, сделанной под человека, ожидания прессы и регулятора. Разобрав жёсткий случай, проще понять, что можно упростить, когда ног две не нужно.

Ещё один практический водораздел — переносимость. Политика, обученная на одном гриппере и одной таре, может

развалиться при смене пальца или вкладыша. Карта склада для AMR не делает ходьбу гуманоида «бесплатной» на том же полу: контактная механика другая, энергия другая, отказы другие. Имеет смысл явно помечать в проектной документации, какие куски стека вы считаете морфологически универсальными (например, пайплайн версионирования датасетов), а какие — привязанными к платформе. Иначе через полгода кто-то попытается «перенести ИИ» как лицензию на Excel.

Отдельный абзац про неопределённость железа и поставок — без драмы. Актуаторы, редукторы, батареи, вычислители на корпусе: сроки и цены скачут, документация бывает дырявой, совместимость прошивок — отдельный квест. Архитектура, которая предполагает единственного поставщика «идеальной кисти», хрупка. Архитектура, где навык хвата параметризован и вы можете сменить концевой эффектор ценой калибровки и дообучения, живёт дольше. Это не призыв к бесконечной модульности (она тоже стоит денег), а напоминание закладывать точки замены там, где рынок реально нестабилен.

Сравнение с классической промышленной автоматизацией здесь уместно без войны лагерей. Жёсткая оснастка и заранее прописанный цикл выигрывают там, где вариативность низкая, такт известен, деталь одна и та же месяцами. Обучение действию начинает окупаться, когда номенклатура плывёт, переналадка дорогая, а программирование траекто-

рий съедает календарь. Но «окупается» — слово экономическое: нужны цифры простоя и стоимости часа интегратора, а не эстетическое предпочтение нейросетей. Где цифр нет, лучше честно писать «гипотеза» и ставить короткий пилот на узком срезе, а не на всей линии.

О неопределённости тоже лучше сказать сразу. По состоянию на 2026 год отрасль сидит между лабораторными прорывами и редкими пилотами, которые переживают первую настоящую смену. Публичные оценки рынка и сроков «массового внедрения» расходятся сильно; где в книге появятся цифры, они будут либо с опорой на проверяемый источник, либо явно помечены как оценка. Фальшивая точность («к 2028 году заменят 30%») здесь хуже честного «неизвестно, зависит от стоимости актуаторов, данных и регулирования».

Целевой объём корпуса — порядка миллиона слов. Это не самоцель. Physical AI плохо сжимается в манифест: слишком много стыков, слишком разные дисциплины. Введение при этом остаётся коротким навигатором — примерно на четыре тысячи слов — чтобы задать систему координат, а не пересказать всю книгу.

Кому текст полезен, а кому лучше другая полка

Если вы собираете или принимаете embodied-систему — ML, robotics, embedded, systems, technical PM, руководитель пилота на заводе или в логистике — вы в целевой аудитории. Ожидается знакомство с базовым ML и с тем, как устроен нормальный софт (логи, версии, CI). Курса по аналити-

ческой механике не требуется; нужные понятия будут появляться по ходу, без попытки заменить учебник.

Текст пригодится и тем, кто сидит сбоку от железа, но влияет на решение: safety, юристы product-facing команд, люди, которые пишут требования к данным с камер. Им не обязательно читать про редукторы подряд. Структура позволяет брать слои.

Про аудиторию стоит добавить неприятную, но полезную деталь. Книга предполагает, что читатель готов к смешанному жанру: то абзац про impedance и люфты, то про unit economics сервиса, то про то, почему eval из статьи не ловит ваш дефект освещения. Если хочется только «про модели» или только «про рынок», текст будет раздражать пропусками. Это сознательно: разрывы между слоями — место, где проекты умирают.

Кому, скорее всего, будет скучно или вредно. Инвест-заметки «купи акцию робота» без инженерии тут нет. Сборки гуманоида за выходные — тоже нет: будут reference-схемы и чеклисты, но не замена лаборатории и поставщиков. Академическая монография с полными доказательствами сходимости — не формат. Фантастика о машинном сознании — мимо: речь о системах, которые воспринимают, планируют и действуют, а не о метафизике.

Рабочий тест на «моя ли это книга»: можете ли вы после пары глав заполнить один лист — сценарий, сенсоры, контур управления, источник данных, режим отказа, метрика

успеха пилота, грубая стоимость часа полезной работы. Если лист не собирается, проблема обычно не в харизме корпуса на видео.

Что внутри маршрута — и что сознательно вынесено за скобки

Книга идёт от вопроса «что это?» к вопросу «что делать на нашей площадке?». Двенадцать частей — не декоративное оглавление, а слои одной системы. Ниже — зачем они стоят именно так; без списка «глава 1, глава 2» ради галочки.

Сначала нужна общая карта. Иначе люди спорят о ярлыках: Physical AI как любой робот с нейросетью, как только гуманоид, как digital twin завода. Зафиксируем рабочие определения, разберём, как язык и зрение стыкуются с действием, пройдём стек «сенсоры → модель → контроль → актуаторы» и посмотрим на рынок как на набор ставок с разными горизонтами риска — не как на таблицу победителей сезона.

Дальше — восприятие. Камера без калибровки врёт уверенно. Лидар теряет лицо на стекле и блестящем металле. IMU и тактильность часто вспоминают после первого скольжения. SLAM — не «фича в бэклоге», а способ привязать действие к месту, когда сцена не лабораторная. Мультимодальное слияние на слайде выглядит стрелочками; в рантайме это разные частоты, разные задержки и разные отказы. Полезный вопрос к любому демо: что система увидит, если освещение, грязь или загрузка CPU станут на шаг хуже?

Сенсорный стек тоже лучше представлять не списком по-

купок, а как набор гипотез о мире. «Нам хватит RGB» — гипотеза о освещении и текстурах. «Нужен лидар» — гипотеза о геометрии и бликах. «Нужна тактильность» — гипотеза о том, что контактные силы нельзя надёжно вывести из зрения. Гипотезы стоит фальсифицировать рано: один день на площадке с временным сенсором дешевле, чем квартал обучения политики под неверный набор входов. И да, иногда фальсификация выглядит обидно: любимая архитектура становится не нужна, потому что задача закрылась упором и двумя концевиками. Хороший исход.

Затем политики и обучение действию. Imitation learning, RL в симе и на железе, попытки robotics foundation models, планирование и память в контуре, где нельзя «подумать минуту». RL на реальном корпусе дорог и опасен; сим снимает часть боли и добавляет свою. Классический планировщик и конечный автомат иногда скучнее и надёжнее чёрного ящика — особенно там, где инварианты безопасности нельзя «выучить приблизительно». На практике чаще живут гибриды: обучение закрывает вариативность хвата, жёсткий слой держит ограничения.

В части про мозг робота мы отдельно остановимся на соблазне всё свести к одной большой модели «от пикселя к току». Такие демонстрации бывают впечатляющими. В эксплуатации чаще живут разрезанные контуры: perception с понятными метриками; библиотека навыков; планировщик или иерархическая политика; низкоуровневый контроль с жёст-

кими лимитами. Большая модель может сидеть наверху — как разбор инструкции на языке или как выбор навыка — но право рубить момент на суставе у неё забирать страшно без очень зрелого safety case. Называть этот страх консерватизмом можно. На площадке с людьми он выглядит как инженерия.

Про обучение на железе — без романтики. Каждый эпизод RL или дообучения имеет стоимость: амортизация платформы, риск поломки, время оператора, простой ячейки. Поэтому в нормальных командах железо — дефицитный ресурс с очередью, а не «ещё один GPU». Имеет смысл вести простой учёт: сколько часов корпуса сожжено на эксперимент X и что изменилось в метриках площадки, не в loss. Если учёта нет, research легко съест пилот.

Отдельно придётся вернуть тело в центр. Политика не отменит люфт редуктора и не дольёт ватт в батарею. Кинематика, динамика, приводы, энергия, баланс, ходьба, кисть против простого гриппера — это потолок, а не деталь реализации. ML-инженер, игнорирующий механику, оптимизирует сим. Механик, игнорирующий данные, строит станок, который нельзя перенастроить без полугода программирования траекторий.

Данные и симуляция — отдельный слой, потому что именно здесь команды чаще всего обманывают сами себя. Телеоперация, синтетика, демонстрации, редкие успехи, доменная рандомизация, бенчмарки. Sim-to-real gap складыва-

ется из мелочей: трение, задержка шины, износ пальца, блик. Eval, удобный для статьи, может быть бесполезен для смены. Имеет смысл проектировать оценку ближе к тому, что заказчик считает простоем.

Про данные — короткий античеклист, чем не стоит измерять прогресс:

— рост параметра модели при том же числе успешных циклов на площадке;

— успех в симе без протокола переноса и без учёта задержки реального стека;

— «у оператора получилось», когда оператор — автор политики и знает все углы сцены;

— метрики на отфильтрованном ролике, где выкинуты эпизоды с вмешательством.

Нормальные, скучные метрики ближе к жизни: вмешательства на 100 циклов; время до восстановления после сбоя; доля циклов в такте; повреждения оснастки/деталей; часы техника на неделю. Если такие цифры не собираются автоматически, у вас не «мало ИИ», у вас дырка в runtime.

Runtime и софт. ROS 2 и другой middleware, edge-инференс, оркестрация навыков, наблюдаемость. Распределённая система с железом на краю: версии политик, откаты, canary на парке, метрики не только «успех эпизода», но и температура драйвера, дропы кадров, время до safety stop. Что жёстко real-time, что можно унести в асинхронный сервис — это архитектурный выбор, а не вкусовщина.

Middleware заслуживает отдельного недоверия и отдельного уважения. ROS 2 (или аналог) не сделает систему умной. Он сделает систему собираемой из узлов, с которыми могут работать разные люди. Цена — сложность конфигурации, сюрпризы QoS, необходимость дисциплины в интерфейсах. Можно писать монолит «потому что так быстрее». Быстрее — первые две недели. На третьем разработчике и второй версии политики монолит начинает мстить. Выбор здесь не моральный; он про размер команды и срок жизни продукта.

Безопасность. Не «подключим safety-classifier». Functional safety, fail-soft, human-in-the-loop, атаки на сенсоры, supply chain комплектующих. Вопросы простые и жёсткие: как отказывает система; кто замечает отказ раньше вреда; что происходит при потере лидара на полуметре от человека.

Safety case в прикладном смысле — не толстая папка ради аудита, хотя аудит тоже бывает. Это явное перечисление опасностей, барьеров и остаточного риска для конкретного сценария. Пример вопроса, который должен иметь ответ до пилота: что делает рука при обрыве ethernet к контроллеру? «Политика разберётся» — не ответ. «Механический тормоз / безопасное отключение момента / геофенс» — уже ближе. Связка ML и functional safety ещё не устоялась как ремесло с одинаковыми шаблонами везде; где шаблона нет, остаётся консервативный дизайн и ограничение сценария. Суже-

ние сценария — валидная инженерная стратегия, не поражение.

Применения разводят приоритеты. На заводе и в логистике среда относительно контролируема, час работы считают злобно. В доме разнообразие сцен взрывается, а пользователь ожидает магии. В медицине другая цена ошибки. В экстремальных средах человек часто не должен находиться вовсе. Один и тот же стек в этих режимах выглядит по-разному: где-то важнее повторяемость и сила, где-то мягкий контакт, где-то работа при потере связи.

Экономика продукта обычно ломается не на accuracy. Сервис, простой, энергия, обучение персонала, длина пилота, запчасти. B2B и consumer — разные игры с разными допусками на недоделанность. Пилот без заранее записанных критериев успеха почти неизбежно становится вечным POC. Иногда правильный вывод пилота — сузить задачу или сменить форм-фактор, а не «ещё один датасет».

Экономика пилота часто ломается на скрытых людях. Кроме робота в кадре есть разметчики, teleop-смены, интеграторы, safety-ответственный, ИТ, который вдруг узнаёт, что на контуре появились камеры. Если в unit economics крутится только цена манипулятора, таблица декоративна. Грубый, но честный ход: выписать роли на неделю пилота и прикинуть человеко-часы — с пометкой «оценка». Даже кривая оценка лучше нуля в ячейке.

Право и этика — не морализаторский хвост, а набор ре-

шений, которые всплывают в дизайне: кто отвечает за вред; что пишут камеры; как меняется труд; где проходит dual-use граница. Юриста книга не заменяет. Рамку вопросов для технической команды — да, и лучше до инцидента.

На стыке права и телеметрии сидит конкретный механизм: логи, которые спасают при разборе инцидента, одновременно могут быть персональными данными или коммерческой тайной площадки. Значит, архитектурно заранее нужны маскирование, раздельные контуры, сроки хранения и понятный доступ. Откладывать это «на потом, когда взлетит» — способ получить запрет на сбор данных ровно тогда, когда они нужнее всего для дообучения.

Практический блок собирает reference architecture, горизонт MVP порядка девяноста дней и чеклист готовности к пилоту. Девяносто дней — не магия, а способ не расползтись: либо подтвердили ценность на узком сценарии, либо честно зафиксировали, чего не хватает.

В финале — развилки 2026–2030: данные, энергия, регулирование, стоимость актуаторов, зрелость моделей действия. Это сценарии для планирования, не календарь пророчеств. Плюс глоссарий и источники.

Чего не будет. Обещаний сроков массовой замены профессий без оговорок. Полного курса по дифференциальной геометрии или конструкции сервоприводов «с нуля» — будет рабочий словарь и куда копать дальше. Каталога всех стартапов: он протухнет быстрее вёрстки. Секретных про-

шивок и инструкций, как обойти нормы безопасности. Dual-use обсуждается как граница ответственности, не как howto.

Тон тоже стоит оговорить. Ни «следующая модель всё решит», ни «роботы отнимут всё». Чаще встречаются скучные развилки: здесь ПИД и оснастка бьют любую политику; там imitation снимает месяцы ручного траекторийного ада; а узкое место вообще в кабеле, сертификации или сервисном контракте. Регуляторика зависит от юрисдикции — там, где речь о safety и данных, книга формулирует инженерные вопросы, не юридическое заключение.

Чеклист, который имеет смысл заполнить до закупки корпуса

Не ритуал ради ритуала. Если ответы пустые, рано спорить о модели.

1. Сценарий за один абзац: что именно делает система, где, с какой номенклатурой/средой, что считается циклом.

2. Граница автономии: какие шаги без человека, где teleop, где только аварийный стоп.

3. Сенсорный минимум и что будет при отказе каждого канала.

4. Контур времени: что должно укладываться в миллисекунды, что может жить в сотнях миллисекунд и секундах.

5. Данные: откуда взять первые 100–1000 полезных эпизодов, кто их снимает, как версионируете.

6. Критерий успеха пилота численно: не «в целом понравилось», а простой, брак, время цикла, вмешательства опе-

ратора.

7. Fail-soft: поведение при потере карты, при странном хвате, при человеке в зоне.

8. Экономика часа: железо, энергия, сервис, простой, обучение — хотя бы порядки, с пометкой «оценка».

9. Владелец на стороне заказчика: кто принимает работу и кто вызывает техника в 2 ночи.

10. Что сознательно не обещаем в v1.

Если пункт 6 и пункт 10 не записаны, пилот уже начал врать.

Как читать чеклист из десяти пунктов выше вместе с двенадцатью частями книги: каждый пункт позже распадётся на главу или две. Сценарий и граница автономии — карта поля и применения. Сенсоры и отказы — восприятие и safety. Контур времени — runtime и контроль. Данные — сим и телеоп. Критерии пилота и экономика часа — девятая часть. Fail-soft — седьмая. Владелец на стороне заказчика — опять экономика и право, потому что без роли «кто принимает риск» контракт на пилот превращается в дружеский хаос.

Если вы интегратор, добавьте к чеклисту ещё два пункта, которые заказчик иногда забывает произнести вслух: кто имеет право менять сцену после приёмки (переставить стеллаж «чуть-чуть»), и что происходит с данными телеметрии — где лежат, кто маскирует лица, сколько хранятся. Технически это скучно. Организационно на этом рвутся пилоты.

Как читать, не утонув

Линейно: карта поля → восприятие → политики → тело → данные/сим → runtime → safety → применения → экономика → право → сборка системы → сценарии. Так видно, почему продуктовый спор упирается в редуктор или в калибровку.

Продакту и руководителю после введения полезнее прыгнуть в карту поля, применения, экономику, право и «как собрать», возвращаясь к железу точечно. ML из мира LLM/vision — не пропускать тело и runtime, иначе оптимизируете loss, который площадка не оплачивает. Классический control/robotics — не пропускать данные и экономику пилота: иначе отличный контроллер останется островом в презентации.

Термины вроде SLAM, ROS 2, policy, sim-to-real оставляем в привычном виде, рядом — русские пояснения. «Политика» для policy и «воплощённый» для embodied — сознательные кальки, чтобы стыковать локальную практику с документацией и статьями.

Сравнения подходов пойдут через критерии: задержка, sample efficiency, характер отказа, стоимость владения, прозрачность вмешательства человека. Не через «кто громче на конференции».

Короткий командный приём: после ключевых частей один инженер и один продакт записывают три риска и три измеримых критерия именно для вашего сценария. Звучит примитивно. Удивительно, сколько пилотов стартует без этого и заканчивается спором, что вообще считалось успехом.

Ещё про ритм работы с текстом. Не обязательно читать миллион слов подряд — корпус задуман как протяжённый справочник-маршрут. Имеет смысл держать рядом свой одностраничный лист сценария и по мере чтения править его карандашом: что уточнилось про сенсоры, что оказалось фантазией в критерии успеха, какой fail-soft вы раньше не назвали. Книга, которую «прочитали», но не приложили к своему контуру, превращается в набор мнений. Книга, против которой вы правите свой лист, хотя бы честно показывает дыры.

Ограничение обещаний

Книга не сделает из читателя человека, который «запустил гуманоида в прод» после финальной главы. Она помогает раньше отличать демонстрацию от системы; задавать вопросы ко всему стеку, а не только к весам модели; видеть, где классика всё ещё выигрывает, а где обучение действию реально сокращает интеграцию; не закрывать safety и сервис очередным релизом чекпоинта.

И последнее про ожидания от введения. Здесь нет катарсиса и нет формулы успеха. Есть рабочая рамка: тело меняет цену ошибки; стек шире модели; пилот без метрик врёт; морфология не бесплатна; safety и сервис не клеятся поверх. Если рамка кажется очевидной — хорошо. Дальше начнётся менее очевидное: как именно эти тезисы проявляются в SLAM, в impedance, в датасетах телеопа и в договоре на пилот, где штраф за простой прописан мельче, чем хотелось бы

верить.

Physical AI будет двигаться и скачками моделей, и скучными процентами в энергоэффективности приводов, в middleware, в регламентах обслуживания. Держать оба плана сразу скучнее восторженного фида — и заметно дешевле на чужих и своих ошибках. Один рабочий способ не утонуть в миллионе слов — читать «вертикалями». Выбрали сценарий (например, укладка в тару на коротком конвейере) и на каждой части книги помечаете только то, что бьёт в этот сценарий: какой сенсор обязателен, какой fail-soft недопустим, какая метрика пилота, какой форм-фактор вообще не нужен. Остальное пропускаете до другого проекта. Так корпус работает как полка, а не как обязательный сезон сериала.

И да, часть советов в книге устареет точечно: конкретные версии middleware, конкретные платы вывода, конкретные имена моделей. Метод разбора устаревает медленнее — спросить про контур времени, про отказ, про источник данных, про час владения. На этом методе введение и держится.

Ещё одна привычка, которая окупается сразу: записывать не только успехи эпизода, но и «почти». Почти схватил, почти удержал такт, почти не задел стойку. В цифровом ML «почти» часто отбрасывают. В Physical AI «почти» — сырьё для safety и для дообучения, потому что следующий раз геометрия сцены чуть изменится и «почти» станет ударом. Если телеметрия не умеет помечать near miss, вы учитесь только на жёстких провалах — дорого и поздно. Даже грубый фла-

жок от оператора «было опасно» лучше пустого лога.

Если сценариев несколько, не смешивайте их в одном пилотном договоре «чтобы окупить робота». Смешение делает метрики нечитаемыми: улучшили хват — ухудшили навигацию — «в среднем нормально». В среднем нормально — это способ не увидеть ничего.

Дальше — определения и карта поля: что считать Physical AI на практике, чем это не LLM-only стек и не классический цеховой автомат, и почему переход «модель → тело» нельзя закрыть одним API-обёрткой.

1. Что такое Physical AI

На демо-дне стартап показывает гуманоида, который кладёт деталь в лоток. В соседнем зале интегратор крутит шестиосевого робота с камерой: тот же pick-and-place, только без ног и без пресс-релиза про «общий интеллект». Оба спикера произносят Physical AI. Покупатель кивает — и уходит с двумя несовместимыми картинками в голове.

Термин разъехался. В слайдах NVIDIA и в академических треках про embodied AI, в заявках на гранты и в внутренних wiki заводов под ним прячут разное: от anomaly detection на вибрации шпинделя до end-to-end политики, которая выдаёт крутящие моменты. Пока команда не зафиксирует, что именно она строит, споры про стек бессмысленны — оптимизируют разные функции потерь.

Ниже — рабочее определение для этой книги, затем границы: где заканчивается классическая робототехника, где LLM остаётся чатом с побочным эффектом, а где начинается система, за чьё движение кто-то отвечает по инструкции по охране труда.

Определение, которым будем пользоваться

Physical AI — системы, в которых обучаемые модели встроены в контур «сенсоры → решение → актуаторы» и оцениваются по физическому исходу: схватил / уронил / удержал баланс / уложился в такт / не ударил человека, а не

по accuracy на тестовом сплите картинок.

Четыре признака, без которых ярлык пустой.

Тело. Есть механизм, способный приложить силу или переместить массу: рука, база, захват, насос, шарнир протеза. Облачный планировщик траекторий без железа — кусок пайплайна, не продукт Physical AI. Продукт начинается там, где выход модели становится током в моторе или уставкой в сервоконтроллере.

Замкнутый цикл. Кадр или пакет проприоцепции влияет на следующее действие; действие меняет сцену; сцена снова входит в оценку. Это не request/response с SLA «ответить за две секунды». Пока VLM «думает» 800 мс, низкоуровневый контур всё равно держит усилие и следит за ограничителями. Мир не ставит паузу.

Другая цена ошибки. Неверный токен в ответе ассистента правят следующей репликой. Неверный момент на запястье — вмятина на корпусе, сорванная резьба, останов линии, в худшем случае травма. Отсюда другие метрики: задержка цикла, поведение при обрыве камеры, ложные срабатывания safety-stop, время до безопасного состояния.

Данные внутри эксплуатации. На классической ячейке программу чаще пишут и валидируют как код. В Physical AI часть поведения живёт в датасетах демонстраций, в симах, в дообучении на провалах смены. Версия политики — такой же релизный артефакт, как прошивка контроллера. Если у вас нет пайплайна эпизодов, а есть только веса «с Hugging

Face на удачу», вы ещё не в этой дисциплине.

Итоговая формула короче маркетинга: не «нейросеть на роботе», а инженерия обучения и ограничений там, где движение необратимо.

Что мы сознательно не включаем

Датчик с моделью аномалий без актуатора — edge-аналитика. Полезная, но другая книга.

Цифровой двойник сам по себе. Без железа и без протокола sim-to-real twin отлично рисует KPI и плохо предсказывает люфт редуктора после трёх месяцев пыли.

Разговоры о машинном сознании и сроках «AGI в цеху». Антропоморфный корпус провоцирует такие разговоры; спецификация требований от них только страдает.

Замена любого конвейера «потому что ИИ». Жёсткая оснастка, вибробункер и ПЛК на миллионах одинаковых циклов часто бьют обучаемую политику по стоимости владения и по сертификации. Physical AI окупается там, где номенклатура пляшет, сцены грязные, а интегратор уже недели пишет точки под каждый SKU.

Рядом с классической робототехникой, не вместо неё

Классика не устарела — у неё просто другое узкое место. Кинематика, динамика, ПИД и MPC, силомоментное управление, калибровка tool center point, категории останова, клетки и сканеры безопасны знакомы цехам десятилетиями. Physical AI этот слой не выкидывает. Он меняет, что

считается ручной спецификацией, а что — навыком из данных.

Типичная ячейка «по учебнику интегратора»: траектории в среде вендора, последовательность в ПЛК, зрение как детектор отверстия или кода, переналадка — отдельный проект с оснасткой и приёмкой. Такт стабилен. Вариативность низкая. Здесь спорить с классикой чаще всего глупо.

Где классика начинает трещать: 200 SKU вместо 5, мягкая упаковка, детали в навалу, смена приклада каждую неделю, потребность «научить новой операции без вызова вендора». Тогда команда снимает телеоп или ведёт руку kinesthetic teaching, собирает эпизоды, учит политику gaze→grasp, гоняет доменную рандомизацию в симе, выкатывает на железо в shadow mode и смотрит success rate не на трёх дублях для ролика, а на сотнях циклов с ночным освещением и слетевшей калибровкой.

Низкий уровень при этом остаётся скучным и правильным: интерполяция суставов, лимиты тока, watchdog, E-stop. Политика не должна быть единственной линией защиты — иначе сертификация и здравый смысл заканчиваются одновременно.

По осям сравнения, коротко.

Задание поведения: код и оптимизация траекторий vs политики и гибриды (план от VLM → уточнение планировщиком → исполнение контроллером).

Данные: CAD и калибровки vs эпизоды, телеоп, сим, раз-

метка успеха, dataset registry рядом с git.

Обобщение: классика честно не обобщает; обучение обещает обобщение и регулярно врёт на сдвиге распределения. Зрелость — измерить границу, а не спрятать её.

Безопасность: поведение классики в основном специфицировано; у политики спецификация неполная. Значит, нужны независимые мониторы и конверты допустимого усилия/скорости/workspace.

Деньги: классика дешевеет на длинной серии одного движения и дорожает на каждой переналадке. Обучаемый контур дорог в данных и железе отладки; выигрыш появляется только если переналадки реально частые и метрика часа работы посчитана с сервисом, а не «на пальцах».

Гибрид — не стыдный компромисс. Часто это единственный способ пройти пилот: два навыка обучены, остальная логика — автомат, зрение — детектор, хват — импедансный контроль с жёстким потолком силы.

Почему LLM-only — соседняя планета

Языковые и мультимодальные модели дали нормальный интерфейс: «положи красную канистру на поддон у ворот 3». Для оператора это удобнее панелей с двумястами кнопками. На этом удобстве легко построить неверную архитектуру: каждый кадр — в LLM, каждый ответ — в суставы.

Чат терпит секунды. Удержание контакта и баланс — нет. Даже если план строится раз в несколько секунд, сервоциклы идут в килогерцах, а политики хвата обязаны влезать в

бюджет бортового инференса. «Спросить модель на каждый кадр» обычно умирает на теплопакете и на очереди CUDA.

Вторая дыра — grounding. Модель может уверенно изобрести шаг, которого нет в сцене. В документе это поправка редактора. В цеху — рука в пустоту или в человека. Инструкция обязана сходиться с детекцией, с картой, с кинематическим досягаемым объёмом и с запретными зонами. Право модели — предложить навык; право монитора — сказать «нет».

Третья — метрики. MMLU и человеческие предпочтения на текстах не предсказывают, сколько раз за смену оператор схватится за подвесок. Нужны: доля успешных циклов, вмешательства на 100 операций, p95 времени такта, энергия на операцию, частота safety-stop, MTTR после сбоя, стоимость часа с учётом механиков.

Четвёртая — данные. Веб для предобучения языка относительно дёшев. Секунда удачной телеоперации на двуруком торсе стоит оператора, износа гриппера и часа инженера, который потом выкинет эпизод с залипшим пакетом проприоцепции. Sample efficiency здесь не академический кружок — это строка бюджета.

Пятая — ответственность. У API-провайдера контракт про uptime и acceptable use. У площадки с роботом — инструкции, расследование инцидента, страхование, иногда уголовный риск. Перенести «политики безопасности чата» на движение нельзя копипастой.

Практичный паттерн для команд из LLM-мира: язык и VLM — диспетчер и объясняльщик над библиотекой навыков; навыки — политики или классические контроллеры с понятным конвертом; ниже — real-time и safety, которые не ждут токенов. Генератор крутящих моментов из сырого LLM — редкая экзотика, не базовый дизайн.

Признаки «физичности» на приёмке идеи

Перед тем как вписать Physical AI в roadmap, пройдитесь по фактам, а не по прилагательным.

Есть актуатор, который меняет среду. Есть сенсор, чья ошибка бьёт по безопасности движения. Есть дедлайны цикла, хотя бы на нижнем уровне. Есть контакт: трение, удар, податливость — то, чего не видно на чистом RGB без силы/тактильности. Часть действий нельзя откатить undo. В зоне бывают люди или дорогое имущество. В KPI сидят простой и инцидент. Поведение предполагается обновлять данными, не только прошивкой траекторий.

Гуманоид необязателен. Мобильный манипулятор на складе с обучаемым хватом — да. Робот-ассистент хирурга — зависит от того, кто закрывает петлю усилия. Чат, который пишет оператору «нажми F3» — пока decision support.

Гуманоид удобен как стресс-тест: много DoF, расход энергии, чужие ожидания «как человек», работа среди мебели и станков, сделанных под людей. Для половины логистических задач две ноги — дорогой способ сделать хуже, чем колеса. Форма корпуса — ответ на среду, не доказательство

интеллекта.

Три шаблона, которые встречаются в поле

Классика плюс ML-зрение. Траектории свои, нейросеть говорит, где дырка и под каким углом лежит корпус. Часто окупается за квартал. До «обучаемого поведения» не дотягивает, если новый SKU снова требует программиста.

Политический контур. Камера + проприоцепция (+ иногда язык) → политика → команды в joint или task space; сверху автомат навыков; сбоку независимый safety. Так живут многие lab-to-startup переходы. Ломается на данных, на калибровке и на том, что success в симе не равен success после замены пальца гриппера.

Агент с инструментами на железе. VLM/LLM пишет план, вызывает grasp/navigate/open, навыки внутри — кто во что горазд, память держит карту и статус задачи. Похоже на software-агентов, только каждый tool жрёт батарею и может ударить. Здесь обязательны проверка плана и явный отказ от шага, если perception confidence низкий или зона занята.

Смешивать шаблоны можно. Нельзя смешивать ответственность слоёв так, чтобы после удара никто не знал, чей это был setpoint.

Метрики, которые стоит повесить на стену до выбора вендора

Техника: success rate на зафиксированном наборе сцен; вмешательства человека на час или на 100 циклов; p50/p95 такта; доля и причина safety-stop; энергия на операцию; вре-

мя возврата к работе после отказа; таблица sim vs iron по тем же задачам.

Продукт: стоимость полезного часа (железо + сервис + простой + обучение операторов); время посадки нового SKU или маршрута; доля смен без выезда инженера; удержание пилота заказчиком после первого месяца.

Риск: тяжёлые инциденты и near miss; время до детекции аномалии; полнота логов для разбора; какой уровень functional safety выбран для зоны и что из этого следует для архитектуры.

«Loss на валидации упал» без этих столбцов —###я новость для репозитория моделей и слабая для цеха.

Путаница, которая дорого стоит

«ROS и камера есть — значит Physical AI». Есть middleware. Дальше вопрос: обучение меняет действие и вы это меряете на железе?

«Гуманоид = прогресс, остальное наследие». Часто наоборот: колесная база с простым гриппером закрывает задачу, пока гуманоид греет пресс-релизы.

«LLM управляет роботом». Управляет контроллер. LLM планирует и болтает. Если в схеме путаница, получите джиттер и головную боль сертификации.

«Сим заменил данные». Сим нужен. Люфт, задержка шины, износ пальца и мокрый пол он вам не простит, если вы не заложили это в рандомизацию и не провели железную приёмку.

«Политика обучена — программисты свободны». Профиль работ смещается к данным, мониторам, runtime и полевому сервису. Рук нужно не меньше, других.

Уровни автономии вместо магических обещаний

Спорить, «есть ли тут ИИ», бесполезно. Лучше зафиксировать уровень для конкретной операции — грубо, но договорно.

0 — чистый телеоп / ручной режим.

1 — человек ведёт, система стабилизирует и режет опасные команды (стенки, лимиты силы).

2 — отдельные навыки по команде, последовательность у человека.

3 — многошаговая задача в узком домене, человек на супервизии.

4 — смена в согласованной зоне почти без вмешательств, человек на мониторинге.

5 — «везде, как человек» — горизонт с дырами; в пилотах 2020-х обещать его стыдно.

Ценность продукта чаще ищут на уровнях 2–4. Уровень 3 на классическом манипуляторе с imitation policy без всякого чата — нормальный Physical AI. Уровень 1 с огромной LLM в облаке — ещё не он.

Телеоперация с shared autonomy сюда входит как режим: действие физическое, риск разделён, данные копятся. В контракте должна быть доля автономии и условие возврата руля человеку — иначе маркетинг снова победит охрану труда.

Данные как рентген подхода

Посмотрите на артефакты команды. Если главные файлы — программы точек и ladder, вы в классике. Если рядом dataset registry, конфиги сима, протоколы телеопа, дашборд success rate по сменам и rollout политик с canary на одном роботе из парка — вы в Physical AI. Смешанный набор артефактов часто здоров.

Отсюда найм и бюджет: операторы телеопа, люди, которые чистят эпизоды и ловят distribution shift, механики на расходники гриппероv. GPU — строка, не вся смета. Выкат без shadow mode и без критерия отката — способ подорвать пилот быстрее, чем плохая модель.

Безопасность внутри смысла, не сбоку

В текстовом ИИ про safety говорят как про контент и alignment. Здесь первее: категории останова, биомеханические лимиты, redundancy, поведение при потере лидара, безопасная поза при падении питания. Политика существует внутри конверта. Кто максимизирует demo-success и «потом прикрутит safety», переписывает архитектуру после первого визита аудитора — или после первого near miss.

Антропоморфные слова

«Руки», «мозг», «понял задачу» хорошо звучат на совете и плохо в спецификации. «Понял» должно раскрываться как: парсинг в план навыков + успешный grounding объектов + прохождение мониторов. «Осторожный хват» — как порог силы, импеданс и условие отпускания. Книга будет возвра-

щать метафоры к механизмам. Человекоподобие корпуса не входит в определение; входит ответственность за контакт.

Две заявки на один бюджет

Плохая: «Внедрить Physical AI на комплектации». Непроверяемо. Кормит спор о словах.

Рабочая: «На зоне Z для N SKU держать success rate не ниже порога S при ≤ K вмешательствах на 100 циклов; навыки grasp/place обновлять без переписки траекторий вендором; safety-слой независим от политики; горизонт пилота ~90 дней, дашборд еженедельно; уровень автономии — 3». Здесь уже видно, что покупать, что писать самим и когда остановиться.

Определение главы нужно затем, чтобы команды чаще писали второе.

Мини-словарь

Политика — отображение наблюдения в действие в цикле или как навык.

Навык — кусок поведения с условиями входа и критерием успеха.

Foundation-модель для роботов — крупная модель на широких сенсомоторных/мультимодальных данных с заявкой на перенос; перенос надо мерить, не цитировать блог.

Grounding — сведение языка/символов к объектам и действиям, которые видны сенсорами и разрешены ограничениями.

Sim-to-real gap — конкретные расхождения (трение, за-

держка, контакт, износ), из-за которых сим врёт.

Fail-soft — при отказе сузить возможности и остаться предсказуемым, а не «упасть красиво» или продолжать с ложной уверенностью.

Если у вас другие ярлыки — переименуйте. Роли слоёв важнее транслитерации.

Что унести в главу 2

Тело, цикл, цена ошибки, данные в продукте. Классика рядом, не в музее. LLM — полезный верх, опасный низ. Автономия — шкала в договоре. Safety — часть определения. Дальше — как именно зрение и язык стыкуют с действием, где мост держит нагрузку, а где архитектура держится на удачном ролике.

Откуда взялось поле (без юбилейной хроники)

Имеет смысл держать в голове три потока, которые сейчас столкнулись в одном бюджете проекта.

Промышленная и сервисная робототехника давным-давно умеет повторяемое движение в клетке, силовые задачи, навигацию по маякам и картам, хирургические консоли с нулевым правом на самодеятельность. Там культура спецификации и приёмки. Там же привычка, что «новое поведение» = новый выезд интегратора.

Компьютерное зрение и мультимодальные модели научились жить с вариативным светом, смятой упаковкой, инструкцией на естественном языке. Порог входа в «увидеть объект» упал. Порог входа в «сделать с ним что-то надёжное

восемь часов» — нет.

Обучение политик (имитация, offline RL, sim-heavy RL) перестало быть только статьёй: появились нормальные телеоп-стенды, открытые симы, привычка логировать эпизоды. Но стоимость единицы данных всё ещё ближе к испытательному стенду, чем к скачиванию корпуса текстов.

Physical AI — стык. Команда, которая выкидывает control и safety как «наследие», получает видео. Команда, которая игнорирует данные и перенос, получает вечный интеграторский контракт. Команда, которая ставит LLM ниже сервоцикла, получает джиттер и неприятный разбор полётов.

Где определение скользит

Хорошо ложится: манипуляция в полуструктурированной ячейке, мобильный pick на складе с размеченной зоной, сервисный робот с коротким меню навыков, заводской пилот гуманоида за барьером или в co-bot режиме с жёстким конвертом.

Скользит: полностью детерминированная высокоскоростная линия — там TCO классики обычно лучше, а «обучение» притягивают ради слайда. Иначе скользит в полностью открытом доме без карты, без права трогать стены и без канала для телеопа: растёт всё сразу — восприятие, исследование, юридический риск, длина пилота.

Серая зона — советы модели при полном ручном исполнении. Как MVP для проверки ценности навыка — разумно. Как статус «мы внедрили Physical AI» — рано. Честная бир-

ка: ассистент оператора с дорогой к автономии. Другая серая зона — удалённый телеоп 90% времени с редкими автономными вставками. Физика есть, данные текут; в паспорте продукта должна быть доля автономии, иначе через полгода никто не вспомнит, что именно продавали.

Пример, который проясняет больше манифеста

Возьмём комплектацию мелкой механики. Классический путь: вибробункер или лотки, сценарное зрение, траектории под семейство деталей, при смене семейства — снова интегратор. Обучаемый путь: оператор телеопом собирает 300–2000 циклов на представителей семейства (порядок величины; точная цифра зависит от вариативности и от того, насколько прощает гриппер), политика закрывает хват и укладку, автомат держит маршрут тары, силовые лимиты независимы, ночные прогоны без человека только после shadow и после порога по near miss.

Где ломается красивая история: смена материала поверхности (масляный металл вместо сухого), новый блистер, камера уехала на 3 градуса после удара уборкой, сим не знал про податливость пены в лотке. Success rate, который в пятницу был «приемлемо», в понедельник требует либо доразметки, либо отката. Вот это — повседневность Physical AI. Не sparring с философией интеллекта.

Если в вашей задаче поверхность и номенклатура стабильны годами, сравните стоимость такого пайплайна с винтом и упором. Иногда упор побеждает — и это взрослый вы-

вод, не предательство прогресса.

Контракт с площадкой: что прописать до монтажа

Определение без договорных зубов снова станет постером. Минимум, который стоит иметь в приложении к пилоту:

Зона и запретные объёмы. Список операций и SKU фазы 1 (узкий!). Целевой уровень автономии. Пороги success и вмешательств. Кто нажимает E-stop и кто имеет право выкатывать новую политику. Как хранятся видео и проприоцепция (персонал в кадре — отдельный разговор). Критерий провала пилота — да, заранее. Обязанность вендора приехать при деградации после обновления. Что происходит с данными после окончания договора.

Без этого «Physical AI» означает «поставили железо и посмотрим». Смотреть обычно начинают после срыва срока.

Организационный отпечаток

Технология меняет оргсхему сильнее, чем кажется на закупке GPU.

Появляется владелец датасета — не «кто-то из ML», а роль с правом стоп-шипа на релиз, если разметка гнилая. Появляется совместный ритуал robotics + ML + OT: одна авария — один разбор, без скидывания через забор. Появляется запрет на demo-driven разработку: ролик для совета директоров снимают с отдельной ветки, не с production weights. Появляется бюджет на расходники и на время людей у телеоп-станций; иначе модель питается мечтами.

Если HR ищет «промпт-инженера для робота» и не ищет человека, который калибровал руки и писал safety case — профиль найма уже врёт определению.

Связь с деньгами без фантазий о рынке

Точные объёмы рынка гуманоидов в открытых отчётах гуляют и плохо сходятся; в этой главе цифры глобального TAM не нужны. Нужна микроэкономика одной ячейки.

Считайте: капитальные затраты на платформу и ограждение; интеграция; стоимость сбора первых датасетов; вычисления; сервисный контракт; простой линии при отладке; зарплата операторов телеопа и супервайзеров; страховка. С другой стороны — сэкономленные часы ручного труда или часы интегратора на переналадках, брак, скорость вывода нового SKU. Если плюс не сходится без чуда «через год само научится всему», у вас не Physical AI-стратегия, а ставка на чудо. Чудеса плохо закрывают квартал.

Оценки сроков окупаемости имеют право жить только с пометкой «оценка» и с чувствительностью: что будет, если success rate застрянет на 85% и человек так и останется в контуре. Часто именно 85% убивает экономику: зарплату оператора вы не сняли, сложность добавили.

Анти-паттерны в формулировках

Вычищайте до отправки заказчику:

«Полностью автономный гуманоид общего назначения к концу года» — без зоны, метрик и уровня.

«ИИ заменит операторов» — без карты задач, которые

уходят, и задач, которые появятся (обслуживание, разметка, исключения).

«Точность 99%» — без определения события и без железа.

«Как человек» — как критерий приёмки.

«Обучили на интернет-видео — готово к цеху» — без протокола контакта и safety.

Скучная замена этих фраз обычно длиннее на две строки и дешевле на один проваленный пилот.

Как тестировать чужое определение

Когда вендор говорит Physical AI, попросите за 30 минут:

1. схему слоёв с владельцем safety;
2. пример эпизода из датасета (что в каналах, какая частота, как помечается успех);
3. таблицу sim vs iron по одной задаче;
4. лог safety-stop за последнюю неделю испытаний;
5. процедуру отката политики;
6. список того, чего модель не умеет, на языке операций, не на языке research limitations.

Отказ или каша в ответах — сигнал. Гладкий манифест без артефактов — тоже сигнал.

Замыкание на маршрут книги

Глава 2 разберёт стык LLM/vision с действием: где планирование помогает, где подставляет. Глава 3 разложит стек от сенсора до актуатора и повесит на слои ответственность. Глава 4 посмотрит на игроков и ставки без выдуманных цифр

— только структуры интересов. Дальше восприятие, обучение, механика, данные, runtime, safety, вертикали, экономика, право и сборка MVP будут опираться на то же определение.

Короткий хвост, который стоит повторить на дизайн-ревью: если интеллект не измеряется движением и отказом в физике, это всё ещё другой вид ИИ — соседний, полезный, но не тот, о котором эта книга.

Пограничные случаи, на которых ломают определение

Беспилотный погрузчик на закрытой площадке с лидаром и классическим планировщиком, плюс сеть только для детекции людей. Это робототехника с ML-зрением. Physical AI? По нашей мерке — частично: обучение не владеет действием. Если завтра политику навигации начнут дообучать по эпизодам пробуксовки и это пойдёт в релизный цикл — да, граница сдвинется.

Экзоскелет с усилием по ЭМГ и адаптацией под пользователя. Тело есть, цикл есть, цена ошибки высока. Данные пользователя чувствительны. Попадает в поле, хотя маркетинг чаще пишет «wearable», не Physical AI. Нам важнее свойства, чем бирка на стенде.

Дрон с vision-based посадкой на качающуюся палубу. Контакт короче, чем у манипулятора, но необратимость падения очевидна. Обучаемый контроллер посадки рядом с классическим cascade — снова гибрид в нашей зоне.

Рекомендательная модель, которая пишет график смен для людей на линии. Физических актуаторов нет. Это оптимизация труда, соседняя экономика, другая ответственность. Не тащим сюда насильно.

Такие разборы нужны не для чистоты жанра, а чтобы на проектной сессии быстро сказать: «это in / out / hybrid», и не потратить час на эстетику названия.

Что меняется в голове ML-инженера

Привычные рычаги из digital ML работают иначе.

Перекос класса в датасете здесь выглядит как редкий, но опасный провал: один раз из тысячи политика «протягивает» короткий путь через край стола. В клике рекламы тысячный провал незаметен. В ячейке — повод для останова парка.

Augmentation в картинках — поворот и цвет. В робототехнике аугментации упираются в физику: сдвиг камеры нельзя бездумно эмулировать, если проприоцепция осталась от другого TCP. Легко получить политику, которая в обучении сильна, а на железе дергает несуществующую свободу.

Offline метрики вводят в заблудование сильнее. Высокий action accuracy относительно демонстратора не равен сборке узла. Нужен combo: offline фильтры + железные протоколы + канарейка.

Релиз. В сервисе можно сделать feature flag и откатить за минуту. На роботе откат политики связан с тем, кто физически рядом, с прогревом калибровок, иногда с возвратом про-

шивки привода. Процедура длиннее; значит, порог на выкат выше, а тесты ближе к aviation mindset, чем к «задеплоили в пятницу».

Что меняется в голове robotics-инженера

Обратная сторона. Control-инженер, который десятилетиями выигрывал запас устойчивости на линейной модели, видит «чёрный ящик» и хочет запретить. Полный запрет в задачах с безумной вариативностью = вечный ручной труд программирования. Рабочий путь — конверт: политика предлагает, ограничитель режет, монитор смотрит остаток, лог пишется так, чтобы спустя месяц разобрать, кто дал setpoint.

Ещё сдвиг: калибровка и синхронизация времени внезапно становятся ML-фичами. Разъехавшаяся временная метка между камерой и joint state делает датасет ядовитым. «Почти 30 Гц» без дисциплины timestamp — способ отравить имитацию.

И третий сдвиг: стенд для сбора данных — часть продукта. Без удобного телеопа, без индикатора плохого эпизода, без быстрого тега «брак/успех» модель будет голодать или жрать мусор. Робототехник, который считает телеоп «временной костыль», недооценивает, что костыль останется в эксплуатации как режим деградации и как канал доразметки.

Physical AI и платформенный соблазн

Вендоры продают «платформу Physical AI»: симы, foundation weights, облачный флот, магазин навыков. Часть этого реально сокращает путь. Часть — перенос риска: вы

садитесь на чужой датасетный цикл, чужие задержки облака, чужую политику обновлений.

Вопросы закупщика те же, что у облачных платформ, плюс железо: где крутится инференс навыка (борт / edge / cloud)? Что будет при потере WAN? Кто видит видео с вашего цеха? Как часто force-update политики и есть ли у вас veto? Можно ли выгрузить веса и эпизоды при офбординге?

Определение из этой главы не запрещает платформы. Оно запрещает считать логотип платформы доказательством, что контур у вас замкнут и безопасен.

Связка с продуктовым discovery

До выбора руки и GPU продукт обязан ответить, какую работу робот снимает. Не «улучшает эффективность», а: какие циклы, какой объём, какой процент исключений, кто сегодня делает это руками, что будет с исключениями после пилота.

Карта исключений важнее карты happy path. Physical AI-системы живут в хвосте распределения. Если 30% заказов — нестандарт, и политика умеет только стандарт, вы купили дорогую автоматизацию 70% с ручной кашей на остатке. Иногда кашу лучше оставить людьми полностью, без гибридного ада.

Discovery-интервью на площадке должны включать ночную смену, уборку, редкие SKU и «что ломалось в прошлом году». Редкие события — именно то, чего не будет в первом датасете, и именно то, что ударит по safety.

Сигналы, что вы уже внутри дисциплины

Даже без названия Physical AI на двери:

Релизы политик нумеруются и откатываются.

Есть дашборд железных метрик, не только TensorBoard.

Safety case обновляют при смене навыка, а не раз в пять лет.

Телеоп или teach-in описан как штатный режим.

Сим и железо сравнивают по одним сценариям.

В постмортеме инцидента участвуют и ML, и mechanics, и OT.

Нет этих сигналов — у вас, скорее, R&D-остров или классическая ячейка с декоративной нейросетью. Оба варианта имеют право на жизнь. Врать себе про зрелость — нет.

Частый вопрос: «Нам это надо, если мы только смотрим на AMR?»

Автоматические мобильные роботы давно ездят по складам без всякого хайпа Physical AI. Если вы берёте готовый AMR с вендорской навигацией и не трогаете политики, книга всё равно полезна кусками про safety, observability и экономику пилота, но ваш центр тяжести — эксплуатация флота, а не обучение хвата.

Если же AMR получает манипулятор, а манипулятор — обучаемые навыки в неидеальных полках, вы переходите границу. Определение срабатывает в момент, когда обучение начинает менять контакт с миром. До этого не натягивайте сову: лишние ожидания инвесторов вы сами потом

расхлёбываете.

Ещё один рабочий тест на совещании

Попросите каждого участника одним предложением закончить: «Наш робот считается успешным за смену, если…». Соберите ответы. Если звучит «если модель современная» или «если не упал на демо» — определение не усвоено. Если звучит «если закрыл N циклов с ≤K вмешательствами и нулём тяжёлых near miss при известном списке SKU» — можно переходить к стеку.

Разброс ответов сам по себе диагноз. Иногда единственный результат установочной недели — выровнять эту фразу. Дешевле, чем выровнять потом кронштейны камер на двенадцати корпусах.

2. От LLM и vision к действию

На бумаге цепочка выглядит прилично: камера видит, языковая модель понимает инструкцию, робот делает. На стенде первая же смена показывает, где бумага врёт. VLM уверенно говорит «взять синий корпус слева», детектор отдаёт бокс от блика, политика хвата едет в пустоту, оператор бьёт по E-stop. Через час все спорят, чей это баг — восприятия, языка или контроля.

Глава про стык. Не про то, что LLM «умная», и не про обзор архитектур с конференции. Про рабочие схемы, где заканчивается текст и начинается setpoint, какие задержки терпимы, как не дать модели командовать там, где у неё нет права, и как проверить, что «понял задачу» означает что-то измеримое на железе.

Где вообще нужен язык

Не каждой ячейке нужен естественный язык. Если операция одна, SKU из списка, кнопка «старт цикла» на панели — не тащите LLM ради моды. Язык окупается, когда:

оператор или мастер меняет задание чаще, чем удобно перепрошивать сценарии;

инструкции приходят из MES/WMS текстом или голосом;

нужно объяснить отказ человеку без чтения joint log;

библиотека навыков уже есть, и диспетчеризация между ними стала узким местом.

Если навыков три и они вызываются с фиксированной панели, языковой слой — лишний шум и лишний failure mode. Сначала библиотека навыков и восприятие, потом уже «скажи роботу».

Типовая слоёная схема (та, что живёт дольше демо)

Разделите ответственности явно.

Слой инструкции. Текст/голос → нормализованная задача: объект, цель, ограничения («не быстрее 0.2 м/с», «зона A»). Здесь LLM/VLM уместны. Выход — структурированный план или JSON навыков, не крутящие моменты.

Слой grounding. Привязка имён к восприятию: «синий корпус» → track_id / pose estimate / неопределённость. Без этого плана нет. Если confidence ниже порога — отказ или запрос уточнения, а не храбрый хват.

Слой навыков. grasp, place, open_drawer, navigate_to. Внутри навыка — политика или классический контроллер. Навык знает preconditions и критерий успеха.

Слой исполнения. Real-time контроль, интерполяция, импеданс, лимиты тока. Периоды порядка миллисекунд. Сюда LLM не пускают.

Слой мониторов. Независимые проверки: скорость, сила, workspace, коллизии, heartbeat камеры. Монитор имеет право резать команду навыка.

Пока схема нарисована на одной доске с владельцами слоёв, споры «почему робот дёрнулся» расследуются часами, а не неделями. Когда всё свалено в одну end-to-end сеть «то-

кены → токи», расследование превращается в шаманство.

Vision: что реально стыкуется с действием

Для действия мало «детектировать класс». Нужна поза (хотя бы грубо), понимание опоры и препятствий, оценка, можно ли схватить, иногда сегментация под хват, иногда flow/track между кадрами. RGB-only политики существуют и даже впечатляют на роликах; в пыли, на масляном металле и при сбитой калибровке они же устраивают тихий саботаж.

Практические развилки.

Отдельный перцепт + отдельная политика vs end-to-end. Раздельный перцепт чинится и тестируется кусками: «поза уехала на 1.5 см» видно в логе. End-to-end иногда выигрывает на гладких демо и проигрывает в объяснимости и сертификации. Для пилота на заводе раздельный контур чаще проходит согласование.

2D vs depth vs тактильность. Depth и облака точек спасают, когда RGB врёт бликами. Тактильность и сила спасают, когда геометрия «правильная», а контакт нет: скольжение тонкого листа, податливая упаковка. Если бюджет сенсоров режут до одной камеры «как у всех в репозитории», закладывайте в план процент ручных вмешательств — он приедет сам.

Калибровка как часть ML. Hand-eye, временны́е метки, tool center point после смены пальца. Датасет, собранный до сдвига камеры на 2°, ядовит. В digital ML похожий эффект даёт тихий сдвиг признаков; здесь он ещё и ломает людей о

стол.

Частоты. Камера 30 Гц, joint state 500 Гц, политика 10 Гц, LLM 0.2 Гц — нормальная картина. Кто синхронизирует и буферизует, тот и определяет, учите вы политику или шум.

LLM как планировщик: полезный потолок

Хороший режим: оператор говорит «собери комплект 17-А в тару у ячейки В». Модель разбивает на навыки, сверяет с доступной библиотекой, возвращает план. Система проверяет: объекты найдены? зона свободна? заряд достаточный? Только потом стартует.

Плохой режим: модель на каждом шаге заново «думает» и двигает руку прилагательными («чуть левее, мягче»). Вы получаете задержку, необратимые полужесты и невозможность доказать safety case.

Жёсткие правила для планировщика:

выход только в### навыков и параметров из допустимых диапазонов;

нет навыка в библиотеке — отказ, не импровизация;

каждый шаг плана проходит через валидатор (коллизии, зоны, масса/сила если известны);

таймаут рассуждения; при таймауте — безопасный idle, не «продолжить как получится»;

лог плана и версия промпта/модели хранятся рядом с эпизодом.

Функции tool-calling из мира агентов переносятся сюда почти буквально — с одной оговоркой: tool имеет физиче-

скую цену. grasp нельзя вызвать «на всякий случай».

Grounding: скучная дыра, в которую проваливаются красивые демо

«Красная канистра» в промпте не равна пикселям. Нужен мост: язык → кандидаты восприятия → выбор → проверка. Типичные поломки:

омонимия на складе («левый» относительно робота, оператора или стеллажа);

устаревшая карта: объект уехали, модель помнит слот;

мультиобъектность: три синих корпуса, план не специфицировал какой;

язык про свойства, которых сенсор не меряет («хрупкий» без модели материала и без лимита силы).

Лечение скучное: нормализовать координатные рамки в диалоге; требовать disambiguation; не принимать свойства без сенсорного или табличного основания; показывать оператору, что именно робот «выбрал», до старта опасного движения (confirm step на уровне 2–3 автономии).

VLM, которая одновременно и видит, и планирует, сокращает путь, но не отменяет подтверждений. Она же галлюцинирует уверенно. В тексте это смешно. В ячейке — нет.

Политики действия: куда девается «понимание»

Даже идеальный план упирается в навык. Imitation learning с телеопа закрывает много хватов быстрее, чем ручные траектории — если эпизоды чистые и покрытие похоже на смену. RL в симе помогает добить устойчивость, если

рандомизировали то, что реально плывёт: трение, масса, задержка, освещение, люфт. Перенос без железной таблицы — самообман.

Имеет значение пространство действия. Команды в joint space часто учит легче на конкретном железе и хуже переносятся. Task space / impedance — ближе к контакту, но требуют аккуратной калибровки и модели инструмента. Смешанные схемы (высокоуровневая цель + низкоуровневой импеданс) на практике встречаются чаще чистых end-to-end манифестов.

Латентные «world models» и крупные robot foundation weights — смотреть по делу: какой протокол дообучения под ваш гриппер, какая доля успеха на ваших SKU, сколько телеопа всё ещё нужно. Маркетинговое «generalist» без таблицы на вашей номенклатуре = research risk в бюджете пилота. Помечайте так и живите спокойнее.

Задержки и бюджеты времени

Соберите одну таблицу на стену:

Этап — Типичный порядок величины — Можно ли блокировать движение

инструкция LLM — сотни мс — секунды — да, до старта

VLM grounding — сотни мс — да, до контакта

политика навыка — десятки–сотни мс на шаг — нет, внутри контакта лучше не ждать облако

серво/импеданс — 1 мс и ниже — нет

safety monitor — сопоставимо с контролем — нет

Облачный LLM внутри силового контакта — архитектурная ошибка, пока кто-то явно не доказал запас по связи и watchdog. Edge-инференс политики — вопрос теплопакета, квантизации и батчинга на одном борту с несколькими камерами. Режется фичами: меньше разрешение, дистилляция, реже вызывать тяжёлую модель, держать лёгкий контроллер в горячем пути.

Отказы, которые должны быть первоклассными исходами

В чате отказ — «извините, не могу». В Physical AI отказ — штатный результат навыка и плана.

Типы: не вижу объект; вижу слишком много кандидатов; план пересекает зону; confidence ниже порога; монитор силы; потеря камеры; низкий заряд; навык не применим к форме.

Каждый тип — к своему recovery: запросить уточнение, вызвать телеоп, сменить ракурс, отъехать в home, эскалировать оператору. «Сделать вид что получилось» — худший recovery.

Свяжите отказы с продуктовыми метриками: вмешательства часто = сумма отказов + тихих провалов. Если система редко отказывается, но часто молча портит детали, у вас проблема калибровки порогов, не «слишком осторожная модель».

Человеческий контур на стыке

На уровнях автономии 2–3 язык удобен как интерфейс

супервизии: оператор подтверждает план, правит один шаг, перехватывает телеопом один навык, не глуша всю систему. Это требует UX, который робототехники часто недооценивают: большая кнопка стоп, понятный preview траектории/объекта, статус «жду подтверждения» без мигания двенадцати панелей.

Не смешивайте канал аварийного останова с каналом чата. E-stop — железо и отдельная цепь. Чат может отвалиться. Шутка про «напиши роботу stop» заканчивается на аудиторе.

Данные на стыке модальностей

Эпизод, полезный для обучения стыка, содержит не только изображения и joint state. Нужны: текст инструкции или id задачи, план (если был), выбранный object id, исходы навыков, метки отказа, версия калибровки, версия моделей. Иначе вы научите хват и не научите систему следовать инструкциям, которые реально приходят из WMS.

Синхронизация часов и единый episode_id — скучная инфраструктура, без которой мультимодальность превращается в zip из несвязанных файлов. Команды недооценивают это ровно до первого «почему политика игнорирует слово слева».

Телеоп для сбора должен уметь логировать голос/текст оператора рядом с движением. Иначе языковой слой потом тренируют на синтетике, а в смене люди говорят иначе — короче, грязнее, с жаргоном склада.

Тестирование стыка без самообмана

Оффлайн: прогнать корпус инструкций → планы, измерить долю валидных планов, долю нуждающихся в disambiguation. Отдельно — бенчмарк grounding на ваших полках (не на OpenImages).

В симе: редко достаточно для языка, если сим не знает ваших названий слотов и SKU. Хотя бы проверьте, что валидатор плана ловит запретные зоны.

На железе: сценарии «правильная инструкция», «двусмысленная», «объект убрали», «объект закрыт», «потеря камеры на шаге 2», «оператор сказал отмену». Пишите ожидаемый исход заранее. Снимайте не только success rate, но и время до безопасного отказа.

A/B двух VLM на сайте без железного протокола сравнивает красноречие. С протоколом — риск вмешательств.

Анти-паттерны именно на этом стыке

Промпт вместо спецификации навыков.

Единая модель «на всё» без мониторов.

Облако в горячем контуре контакта.

Отсутствие confirm на опасных шагах при людях в зоне.

Обучение языку на чужих корпусах без локального жаргона.

Метрика «план красивый» вместо «цикл закрыт».

Игнорирование рассинхрона времени между камерами и суставами.

Демо только с оператором за кадром, который чуть-чуть

подталкивает деталь.

Каждый пункт уже встречался в пилотах. Новыми они не будут.

Мини-кейс: от фразы до хвата за 6 решений

1. Принять инструкцию только если она парсится в схему задачи.

2. Найти кандидатов объекта; если не один — спросить.

3. Построить план из белых навыков; прогнать валидатор зон.

4. Показать preview оператору (уровень автономии 2–3).

5. Запустить навык grasp с лимитом силы; монитор независим.

6. При success — следующий шаг; при отказе — recovery по типу, не «ещё раз сильнее».

Шесть решений — шесть мест для логов. Если хоть одно не логируется, постмортем через месяц будет гаданием.

Что делать команде на следующей неделе

Не «внедрить мультимодальность». Сделать три вещи.

Нарисовать слои и поставить фамилии.

Снять 20 реальных инструкций с площадки (как говорят, не как пишут в ТЗ) и прогнать через парсер плана оффлайн.

Выбрать один навык (обычно grasp) и измерить его success отдельно от языка — чтобы знать, где дыра.

Если навык слаб, язык его не спасёт. Если навык крепкий, а язык врёт в grounding — чините мост, не меняйте гриппер. Диагностика «на каком слое умерло» экономит месяцы.

Связь с соседними главами

Определение Physical AI из главы 1 здесь получает зубы: цена ошибки и цикл видны на каждом прыжке между слоями. Дальше глава про стек разложит сенсоры, модели, контроль и актуаторы как карту владельцев. Рынок покажет, кто продаёт «VLM управляет роботом» как коробку — и что внутри коробки обычно всё же слои.

Короткий критерий на ревью архитектуры: если можно указать, где токены заканчиваются и где начинается конверт допустимого усилия, у вас есть стык. Если нельзя — у вас есть демо и риск.

Голос и жесты как входы — те же правила

Голосовой канал соблазняет: руки оператора заняты, крикнуть проще. Добавляются распознавание речи, шум цеха, ложные триггеры из радиоточки. Ставьте wake-word или кнопку «говорить», иначе робот начнёт слушать чужие разговоры про обед. Жесты и teach-pendant не исчезают: для многих опасных подтверждений молчаливый ключ лучше фразы.

Мультимодальный ввод не отменяет нормализацию в структурированную задачу. Иначе вы отлаживаете акустику вместо хвата.

Когда end-to-end всё же имеют смысл

Исследовательские платформы, узкий домен, один корпус робота, готовые мириться с непрозрачностью, сильный sim и огромный телеоп-бюджет — там длинные дифференциру-

емые пайплайны иногда вытягивают. В книге для инженеров завода это исключение, не умолчание. Если идёте этим путём, всё равно оставьте внешний safety-конверт и независимый E-stop: дифференцируемость сети не заменяет категорию останова.

Публичные ролики end-to-end полезно смотреть с секундомером и вопросом «сколько дублей не показали». Для закупки этого мало; для вдохновения R&D — достаточно.

Совместимость с MES/WMS

Настоящие инструкции редко звучат поэтично. Чаще — код заказа, слот, количество, приоритет. LLM тут может быть адаптером между кривым человеческим вводом и жёсткой схемой API. Не заменяйте MES языковой моделью. Интегрируйте: идентификаторы объектов и локаций должны совпадать с мастер-данными, иначе grounding будет изобретать слоты, которых нет в учёте.

Пишите контракт: какие поля обязательны, какие модель может уточнять у человека, какие — только у системы учёта. Путаница «модель сказала положить в B, WMS думал C» — классика дорогих разборов.

Оценка вендоров на этом стыке

Просите:

пример лога от инструкции до навыка на их железе;

список белых навыков и способ добавить свой без их облака (если on-prem важно);

замеры latency по слоям, не «ответ за 2 секунды» одной

цифрой;

поведение при отвале DNS;

политику хранения аудио/видео промптов;

результаты на двусмысленных инструкциях.

Если вендор показывает только чат-виджет и ролик хвата под музыку — у вас нет данных для сравнения. Стык не продан.

Замечание про многоязычность и жаргон

Площадки мешают русский, английские артикулы, сленг смен. Модель, блестяще парсящая литературный запрос, спотыкается на «кинь синюху на второй ярус к Васе». Собирайте локальный корпус фраз. Это дешевле смены гриппера и быстрее споров про «какую foundation взять».

Термины книги снова: grounding, skill, monitor, envelope. Если в команде говорят «робот понял» — переспрашивайте «какой object id и какой навык в очереди». Язык совещания чинит архитектуру медленно, но чинит.

Итог главы

Стык LLM/vision с действием работает, когда язык остаётся над библиотекой навыков, восприятие отдаёт не класс а привязку к миру, политики и контроллеры живут в бюджете времени контакта, а мониторы не читают промпты. Всё, что смешивает эти роли ради элегантности, элегантно падает на первой двусмысленной фразе в шумной смене.

Дальше — стек целиком, чтобы у каждого куска цепочки появилось место в схеме и в смете.

Разбор типичного провала по слоям

Сцена: «положи проводной блок питания в короб 12». Робот хватает блок, задевает кабель о край стола, монитор силы срабатывает, цикл рвётся. На ретроспективе четыре версии правды.

Восприятие: кабель не был в модели объекта, сегментация обрезала его как фон.

План: навык place не требовал проверки свисающих частей.

Политика: траектория кратчайшая, учили на блоках без кабеля.

Организация: в датасете телеопа операторы всегда сначала укладывали кабель руками «за кадром».

Чинится не «взять модель крупнее». Чинится появлением признака «свисающие элементы» в карточке SKU, отдельным поднавыком tuck_cable или оснасткой, и запретом кратчайшего пути над краем. Стык языка тут ни при чём — инструкция была нормальная. Без послойного разбора команда неделю крутит temperature у LLM.

Держите шаблон постмортема: инструкция → план → grounding ids → параметры навыка → уставки контроля → срабатывание монитора. Пустые поля в шаблоне сразу показывают дыру в логировании.

Промпты и схемы: инженерный минимум

Промпт планировщика — не литература. Это контракт.

Фиксируйте JSON-схему выхода (skill name, args,

confidence, needs_clarification). Валидируйте схемой до любой очереди. Детерминируйте температуру ближе к нулю для планирования. Версионируйте промпт как код: diff, review, canary. Не тащите в контекст всю документацию завода — тащите карточку зоны, список навыков, текущие track_id с короткими лейблами, жёсткие запреты.

Retrieval по регламентам имеет смысл для объяснений оператору («почему нельзя»), а не для генерации траектории. Смешение этих ролей даёт уверенный запрещённый план.

Если используете few-shot, берите примеры с ваших отказов, не только happy path. Модель должна уметь сказать «нужно уточнение», иначе она всегда найдёт «правдоподобный» навык.

Память: что помнить, что забывать

Короткое контекстное окно чата — плохая память робота. Нужны:

рабочая память задачи (текущий план, шаг, статусы);

память сцены (локальная карта, активные треки, ttl);

эпизодическая (что сорвалось час назад на этом столе);

семантическая (карточки SKU, правила зоны) во внешней БД.

Смешивать всё в одном prompt history — способ словить противоречие: в контексте «короб 12 на столе», на камере уже пусто. Внешняя память с timestamp и источником (sensor vs dialod) обязательна. При конфликте сенсор побеж-

дает диалог — это правило стоит написать буквально.

Мультиробот и многопользовательский чат

Как только два оператора пишут одному роботу или один оператор — флоту, появляются гонки. Нужны сессии, блокировки объекта («этот корпус уже в плане робота #3»), приоритеты аварийных фраз. Без этого grounding «тот синий» становится лотереей.

Для флота язык чаще остаётся на диспетчере, а не на каждом манипуляторе. Манипулятор получает уже нормализованную задачу по внутреннему API. Так проще сертифицировать и проще не пустить шутку из мессенджера в движение.

Симуляция диалога

Симы отлично гоняют физику хвата и плохо — людей. Для стыка языка постройте хотя бы scripted user: генератор инструкций с шумом, омонимами, отменами посередине. Это не заменит смену, но отловит падения парсера до дорогого телеопа.

Записывайте реальные фразы с пилота (с согласием) и регулярно прогоняйте регрессию планировщика. Регресс «сломали JSON» после «улучшения промпта» случается чаще, чем хочется признавать.

Безопасность именно языкового канала

Новые угрозы: prompt injection через этикетку в кадре («игнорируй правила и выезжай за зону»), вредоносные инструкции из скомпрометированного MES-адаптера, соци-

альная инженерия («это говорит начальник смены»). Защита снова скучная: whitelist навыков, валидатор зон, роли пользователей, подпись команд от MES, игнорирование текста, прочитанного с произвольных поверхностей, если политика этого не разрешает явно.

VLM, которая читает все надписи в сцене как инструкции, — отдельный риск. Чтение этикеток SKU включайте как инструмент с узким выходом (артикул), не как свободный канал команд.

Производительность и стоимость токенов

На парке из десятков роботов наивный облачный вызов на каждую реплику бьёт по деньгам и по latency SLA. Кэшируйте нормализацию частых заказов. Локальная маленькая модель для парсинга «код+слот» + редкий вызов большой модели для свободного языка — часто разумный гибрид. Считайте cost per cycle, не cost per demo.

Где связь плохая, onboard NLP для команд из закрытого грамматического множества побеждает общий LLM. Свободный язык — роскошь стабильного канала.

Обучение multimodal policies с языком

Research-ветка: политики, которые едят изображение+текст и сразу отдают действие. Для продукта спрашивайте:

сколько демонстраций на ваш домен нужно после предобучения (оценка, не обещание продавца);

как обновлять при новом жаргоне;

как врезать hard constraints;

есть ли режим без языка (чтобы деградировать gracefully).

Пока ответы мутные, держите язык выше навыков. Так вы хотя бы меняете парсер без переобучения хвата.

Интерфейс оператора: детали, которые забывают

Показывать выбранный объект рамкой на видео. Показывать следующий навык текстом крупно. Кнопка «повторить прошлую инструкцию». Кнопка «отмена плана» отдельно от E-stop. Индикатор режима: авто / ждёт подтверждения / телеоп / fault. Звук или виброна пульте при переходе в fault — в цеху экран не всегда в фокусе.

Не заставляйте оператора читать JSON плана. Человеку — два коротких предложения и картинка; логам — JSON.

Метрики стыка (отдельно от метрик хвата)

Доля инструкций, принятых без уточнения.

Доля уточнений, завершившихся успехом.

Доля планов, отвергнутых валидатором (и топ причин).

Время от фразы до начала движения.

Время от фразы до безопасного отказа.

Расхождение «объект, который имел в виду оператор» vs «object id в плане» — хотя бы на выборке с разметкой.

Без этих столбцов улучшение хвата маскирует деградацию языка и наоборот.

Практический каркас на 30 дней

Неделя 1: схема слоёв, JSON контракт, валидатор зон, 50 фраз корпуса.

Неделя 2: grounding на одном столе, confirm UI, логирование episode_id.

Неделя 3: связать с одним навыком grasp/place, теневой режим.

Неделя 4: сценарии отказов, таблица latency, решение go/no-go на расширение словаря.

Если к концу месяца не можете показать отказ «объект не найден» за < пары секунд без движения — рано расширять номенклатуру. Стык ещё не существует, есть только чат рядом с роботом.

Связка с functional safety

Языковой слой в safety case описывают как устройство ввода задания, не как защитную функцию. Защитные функции — сканеры, куртки, лимиты, E-stop — остаются независимыми. Не пишите в документации, что «модель не станет вредить»: аудитору нужна архитектура ограничений. Чем честнее разделён ввод задания и защита, тем меньше боли при оценке соответствия.

Закрывающая рамка

Переход от LLM и vision к действию — это проект интеграции с явными контрактами, а не подключение API ключа к контроллеру. Выигрывает тот, кто рано признаёт двусмысленность языка, цену задержки и право монитора сказать нет. Проигрывает тот, кто меряет прогресс гладкостью ответа ассистента.

Следующая глава соберёт стек сенсоры → модели → кон-

троль → актуаторы в одну карту, чтобы стык из этой главы сел на железо и на middleware без щелей.

Ещё один пример: отмена посередине

Оператор: «возми канистру у двери и на поддон». На середине траектории: «стой, не та, соседняя». Требования к стыку сразу жёстче, чем у пакетного плана.

Нужен прерываемый навык: контроллер умеет уйти в hold без падения объекта (или сознательно отпустить по политике). Нужна отмена на уровне плана с ясной семантикой — отменить текущий навык или весь заказ. Нужна быстрая смена object id без полного рестарта локализации базы. Нужен лог, что отмена пришла от пользователя U в t+3.2 с после старта, иначе разбор «почему зажали не ту» утонет.

Многие стеки умеют красивый старт и плохо умеют передумать. В смене люди передумывают постоянно. Заложите cancel как навык первого дня, не как issue #418.

Координатные системы — тихий убийца

Инструкция «слева» живёт в голове оператора. План должен жить в frame_id: base_link, map, shelf_3, tool. Любая строка плана без frame — дефект. VLM, вернувшая пиксели без экстраинтрики в 3D/frame, ещё не закончила grounding. Документируйте цепочку TF как часть языкового пайплайна: кто её ломает, тот ломает смысл слов.

На мобильном манипуляторе добавьте правило: до интерпретации «у двери» база должна быть локализована с погрешностью ниже порога. Иначе язык привяжется к призра-

ку двери прошлого визита.

Когда текстовый план хуже конечного автомата

Есть операции с жёсткой рецептурой (фарма, определённые сборочные стандарты). Там LLM как автор порядка шагов — лишний риск. Держите рецепт в явном автомате или в MES; язык оставьте для выбора рецепта по имени и для комментариев. Свободная генерация последовательности в регулируемых доменах плохо переживает аудит.

Наблюдаемость: какие span'ы открывать

Тяните трассировку как в микросервисах: span normalize_instruction, span ground_object, span validate_plan, span skill_grasp, span monitor_force. В каждый — version model, device id, latency. Тогда «вчера стало хуже» превращается в конкретный span с регрессом p95, а не в митинг на час.

Логи без PII-политики нельзя выкладывать вендору «просто так»: на видео лица, на аудио голоса. Заранее решите redaction. Это тоже часть стыка: без легального канала данных вы не улучшите язык.

Режимы деградации без драмы

Нет облака → только грамматический командный набор на борту.

Нет VLM → выбор объекта стилусом на экране / teach.

Нет одной камеры → запрет авто-хвата, телеоп.

Нет языка → панель навыков как год назад.

Каждый режим опишите заранее и покажите оператору индикатором. Импровизация деградации в стрессе — источ-

ник чудес и травм.

Что считать done для главы продукта

Стык «LLM/vision → действие» можно назвать работающим в пилоте, когда:

есть контракт плана и валидатор;

есть измеренный grounding на своих объектах;

есть хотя бы один навык с железной метрикой;

есть отказы и cancel;

есть таблица задержек;

есть послойный постмортем на двух реальных сбоях;

safety-конверт не читает промпты.

До этого — прототип интерфейса. После — можно спорить про расширение словаря и про вторую смену.

Этого списка достаточно, чтобы остановить бесконечный polish промпта и заняться, например, освещением полки — чем чаще и надо заниматься.

Замечание про «мультиагентность»

Модно рисовать несколько LLM-агентов: один смотрит, второй планирует, третий критикует план. На сервере с тикетами это иногда помогает. На роботе каждый лишний круг дискуссии — задержка и новый источник рассинхрона с сценой. Если критик и нужен, гоняйте его оффлайн по плану до старта движения или на редких исключениях, не в середине импедансного контакта.

Правило то же, что с одним агентом: после go физику ведут навыки и мониторы. Комитет моделей в горячем контуре

— дорогой способ опоздать.

Связь обучения персонала

Стык меняет инструктаж смены. Операторов учат не «программировать точки», а формулировать задачу, подтверждать выбор объекта, вовремя отменять, не спорить с E-stop. Короткие карточки на стенке рядом с ячейкой работают лучше толстого мануала: примеры фраз, примеры запрещённых фраз («сам разберись»), что делать при fault code.

Игнорирование обучения людей проявляется как «модель тупая», хотя тупой оказался процесс онбординга.

Финальный акцент

Язык и зрение дают роботу канал задания и глаза. Действие дают навыки, контроль и ограничения. Стык — дисциплина контрактов между ними. Держите контракты короткими, логируемыми и прерываемыми. Остальное — детали реализации, которые меняются каждые полгода вместе с весами моделей; правила слоя живут дольше весов.

Контрольный список перед commit архитектуры

Перед тем как считать главу «закрытой» в голове проекта, пройдитесь ещё раз по коротким пунктам и отметьте фактами, не намерениями: JSON-схема плана в репозитории; валидатор зон с тестами; один экран confirm с рамкой объекта; cancel доведён до контроллера; episode_id сквозной; облако вне силового контакта; redaction для видео согласован с безопасностью площадки; два постмортема заполнены по шаблону слоёв. Если пунктов нет в трекере — стыка ещё нет,

есть только идея стыка. Идея не двигает детали.

С этим чеклистом можно переходить к стеку: там станет видно, на каком железе и в каком middleware эти контракты должны жить, чтобы не остаться слайдом.

3. Стек Physical AI

Стек — это способ не потерять ответственность. Когда на схеме четыре прямоугольника «сенсоры → модели → контроль → актуаторы», споры на совещании становятся короче: либо камера врёт, либо политика выдала чушь, либо контроллер проспал дедлайн, либо редуктор люфтит. Без стека все проблемы называются «ИИ не работает».

Ниже — рабочая карта слоёв для инженера и продакта. Не вендорский reference с логотипами и не академический survey. Где что живёт, какие типичные частоты и отказы, что покупать готовым, что оставлять себе, как не дать облачному инференсу сесть на место сервоцикла.

Зачем рисовать стек раньше выбора модели

Команды из digital ML начинают с весов и датасета. Команды из классической автоматизации — с ПЛК и шкафа. Обе упираются в одну стену: отсутствующий слой всё равно проявится, только уже в пилоте.

Стек нужен, чтобы:

повесить владельца на каждый слой (фамилия, не «команда ИИ»);

договориться о интерфейсах (что именно отдаёт восприятие контролю);

бюджет времени и энергии распределить до закупки GPU;

понять, какие куски сертифицируются отдельно;

смету собрать без дыр «а телеоп? а калибровка? а запасные пальцы?».

Если схема стека не влезает на один слайд без микроскопического шрифта — вы либо переусложнили, либо ещё не выкинули декоративные блоки.

Слой 0. Механика и энергопитание (его любят забывать)

Формально ниже сенсоров. Фактически определяет потолок всего.

Жёсткость звена, люфт редуктора, вынос массы, расположение кабелей, теплоотвод драйверов, ёмкость и химия батареи, время замены инструмента — всё это станет «багом политики», если не глядеть сюда первым. Политика, обученная на жёстком пальце, плывёт на податливом. Контроллер, идеальный на стенде с кабелем с потолка, странно себя ведёт на батарее в конце смены.

Минимум на входе в проект: диаграмма масс и DoF, лимиты суставов, паспорт усилия гриппера, профиль мощности, процедура tool change, сервисные интервалы. Без этого датасайентисты оптимизируют симуляцию мечты.

Слой 1. Сенсоры

Задача слоя — дать оценку мира и себя с понятной неопределённостью и временем актуальности. Не «красивую картинку».

Типы, с которыми вы реально столкнётесь:

Проприоцепция: энкодеры, ток, иногда момент. Хлеб кон-

троля. Если timestamps плывут — яд для имитации.

RGB / RGB-D камеры: основной канал для политик хвата и для оператора. Боятся грязи, бликов, сбитой экструзии калибровки.

Лидар / ToF: геометрия пространства, навигация, иногда страховочный объём. На блестящем металле и в пару — свои сюрпризы.

Инерциальные датчики: ориентация, толчки; критичны для мобильных и гуманоидов.

Сила/тактильность: контакт, без которого «аккуратный хват» — прилагательное.

Микрофоны, кнопки, safety-сканеры, коврики — часть сенсорной картины безопасности, даже если ML их не ест.

Дисциплина слоя: калибровки версионируются; у каждого измерения есть frame_id и stamp; health-флаги («камера не стримит») идут в мониторы отдельно от нейросети; сырые потоки и сжатые фичи не путаются в одном топике без схемы.

Частая ошибка закупки — взять дорогую камеру и дешёвый объектив/крепление. Через месяц крепление гуляет, датасет с разных смен не склеивается. Крепёж и кабель — часть сенсора.

Слой 2. Восприятие и оценка состояния

Здесь сырые потоки становятся объектами, позами, картами, треками, иногда семантикой. Могут жить классические алгоритмы (Ransac, ICP, Kalman), нейросети, гибриды.

Выходы, которые должен уметь потребить остальной стек:

список объектов с pose + uncertainty;

occupancy / SDF / меш препятствий;

состояние локализации базы;

флаги деградации (мало фич, слишком яркий кадр);

опционально — языковые лейблы, но уже после ID.

Не тащите в контроль «сырой тензор потому что end-to-end». Даже если политика ест изображение напрямую, параллельно держите объяснимый перцепт для мониторов и для UI оператора. Иначе confirm «того самого корпуса» не нарисовать.

Оценка состояния робота (joint, TCP, контакт) часто смешанный слой: фильтрация энкодеров + модель инструмента. После смены гриппера обновляйте модель — звучит банально, забывают регулярно.

Слой 3. Модели задачи и политики

Сюда попадают: планировщики задач, VLM/LLM-диспетчеры, библиотека навыков, imitation/RL политики, иногда world models. Это самый шумный слой в прессе и самый опасный без конверта.

Правила, уже звучавшие в главе 2 и повторенные жёстко:

высокоуровневые модели выдают навыки и цели, не токи;

каждая политика навыка имеет входной контракт (что должно быть в observation) и выходной (action space, limits);

версии весов = релизы с rollback;

offline score не равен допуску на ячейку.

Разделите «модель» как артефакт обучения и «сервис инференса» как runtime с очередью, батчингом, watchdog. В смете это разные строки: одни люди учат, другие держат latency на борту при 40°C в шкафу.

Слой 4. Планирование движения и контроль

Классика, которую ML не отменяет: collision checking, траектории, IMPEDANCE/admittance, ПИД на суставах, MPC где нужно, контроллеры стоп. Частоты высокие. Детерминизм важнее красивого loss.

Интерфейс сверху вниз: skill хочет «положить в pose P с податливостью такой-то». Контроллёр решает, достижимо ли, как обойти полку, каким усилием жать. Если политика выдаёт joint targets сама, контроль всё равно обязан резать по лимитам и следить за слежением.

Watchdog: если инференс политики опоздал, не «подождём». Либо hold последней безопасной уставки, либо заранее определённый safe action, либо останов. Пустой буфер команд — не место для фантазии.

Слой 5. Актуаторы и силовая электроника

Моторы, драйверы, тормоза, грипперы, иногда пневмо/гидро. Здесь живут токовые лимиты, регенерация, нагрев, EMC. Политика, просящая невозможный рывок, либо режется драйвером, либо убивает редуктор. Лучше режется.

Сервисный контур: запасные щётки/пальцы, прошивки драйверов, журналы перегрева. Physical AI-пилот, который не учитывает износ пальца как distribution shift, удивляется

падению success rate на третьей неделе — зря удивляется.

Слой 6. Middleware, runtime, observability

ROS 2 или аналог, DDS-настройки, shared memory на борту, приоритеты процессов, контейнеры с оговорками на real-time, логи, метрики, трассировка, feature flags политик.

Типичные дыры:

всё в одном компьютере без изоляции safety;

облачный roundtrip на критичном пути;

часы не синхронизированы (нет PTP/внимания к stamp);

логи только когда «уже упало», ротация убила нужный час;

нет canary: обновили всех роботов сразу.

Observability в Physical AI — это ещё и видео+проприо с episode_id, не только CPU. Но с политикой доступа: цех не всегда разрешает уносить лица и чертежи в облако вендора.

Слой 7. Safety как поперечный контур

На схеме его рисуют сбоку стрелкой через все этажи — правильно. Safety PLC / контроллер безопасности, сканеры, маты, куртки, категории останова, безопасные зоны скорости, иногда формальный safety case.

Ключевой принцип: защитные функции не зависят от того, жива ли ваша CUDA. Даже идеальная политика не заменяет сертифицированный контур там, где он требуется зоной и нормой. Обучаемые мониторы могут быть доп. слоем; они не единственный.

Горизонтальный разрез по частотам

Соберите таблицу своего изделия (цифры — ориентиры порядка, не догма):

Safety hard — мгновенно по своим каналам.

Серво 1 кГц и выше.

Импеданс / крутящий момент — сотни–тысячи Гц.

Политика навыка — 10–50 Гц типичный рабочий диапазон на многих манипуляциях (оценка; у вас может быть иначе).

Восприятие тяжёлое — 5–30 Гц.

Планировщик задач / LLM — Гц доль или по событию.

Телеметрия в облако — ещё реже.

Кто нарушает порядок (LLM в серво), получает тепло и риск. Кто соблюдает — может всё равно ошибиться в калибровке, но хотя бы предсказуемо.

Интерфейсы между слоями — писать явно

Примеры контрактов:

SensorDriver → Perception: Image(stamp, frame), CameraInfo.

Perception → Skills: ObjectTrack(id, pose, cov, label?).

Dispatcher → SkillManager: PlanStep(skill, args).

Skill → Controller: PoseTarget | MotionPrimitive + compliance params.

Controller → Driver: JointTorque/Velocity commands.

Anywhere → Safety: request stop / degraded mode.

Safety → Anywhere: halt lines, status.

Пока контракты в wiki «примерно», интеграция — уст-

ный фольклор. Переведите в IDL/схемы и тесты совместимости версий.

Что брать off-the-shelf, что оставлять себе

Часто готовое: манипулятор с драйверами и basic control, safety scanners + PLC, камеры, ROS-драйверы, симы как движок, телеоп-железо.

Часто своё: датасет и политики под номенклатуру, grounding к вашим имени слотов, валидаторы зон, UI супервизии, интеграция MES, observability-схема, процедуры калибровки под вашу оснастку.

Платформы Physical AI обещают забрать «своё». Проверяйте право выгрузки, работу offline, veto на обновления, поддержку вашего гриппера не на словах. Иначе стек красивый, а рычаг у вендора.

Минимальный стек для пилота 90 дней

Не надо строить всё. Для манипуляции на столе:

робот + гриппер с силовым каналом или хотя бы токовым прокси;

одна/две камеры с нормальным креплением;

проприо с честными stamp;

perception: детектор/сегментация + pose rough;

один-два навыка imitation;

контроллер с лимитами и hold;

E-stop и ограждение/сканер по требованиям зоны;

логирование эпизодов;

простой UI confirm;

без LLM, если словарь задач крошечный.

Добавление языка — следующая итерация после success rate навыка. Добавление второй руки и мобильной базы — после того, как стол перестал быть источником еженедельных сюрпризов.

Анти-паттерны стека

Единый «мозг»-процесс без приоритетов.

Облако в горячем пути контакта.

Политика без action limits на уровне драйвера.

Сенсор без health topic.

Калибровка «как-нибудь в начале проекта».

Обновление весов без canary и без записи версии в эпизод.

Safety через ту же нейросеть, что и хват.

Смета без расходников и без времени на телеоп.

Если узнали свой проект — не беда. Беда — оставить так к приёмке.

Стек и люди

Назначьте роли: владелец механики/энерго, владелец сенсоров/калибровок, владелец perception, владелец политик/данных, владелец control/runtime, владелец safety/OT, владелец продукта/метрик. На пилоте из восьми человек один человек носит две шляпы — ок, если явно. Когда шляп нет, все носят «ИИ» и никто не чинит TF.

Ритуал: еженедельный разбор одного сбоя по слоям стека за 30 минут. Через месяц команда начинает говорить короче и точнее.

Связь с деньгами и сроками

Каждый слой — отдельная корзина риска. Срыв по камерам лечится иначе, чем срыв по сходимости RL. В плане-графике пилите вехи: «калибровка стабильна N дней», «навык A ≥ порога», «safety case draft», а не одну веху «модель готова». Стек даёт названия вехам.

Оценка трудозатрат без слоёв систематически занижает control+safety+данные. Закладывайте запас на интеграцию — она ест календарь сильнее обучения очередной сети.

Как использовать эту главу на дизайн-ревью

Распечатайте четыре колонки сенсоры/модели/контроль/актуаторы, добавьте middleware и safety поперёк. В каждой ячейке: компонент, частота, владелец, главный отказ, метрика здоровья. Пустые ячейки — ваш backlog, не «мелочь потом».

Если вендор приходит с одной колонкой «наша foundation model», попросите заполнить остальные при нём. Пауза бывает красноречивее слайдов.

Пример сквозного сигнала ошибки

Оператор видит: «робот стукнул лоток». Разбор по стеку:

Актуатор: ток в пределах, удара драйвер не резал — порог высокий.

Контроль: траектория прошла близко к краю, коллизионная модель лотка устарела после замены на более широкий.

Политика: цель place поставлена в координатах старого лотка из кэша памяти сцены.

Восприятие: трек лотка потерян на 0.4 с из-за блика; память не инвалидировала pose.

Сенсор: автоэкспозиция уехала; health «overexposed» не был подключён к монитору.

Safety: зона скорости не требовала останова на этом ударе (низкая масса), поэтому всё «по нормам», но продукту плохо.

Один удар — шесть рычагов. Без стека обсуждение закончилось бы «надо дообучить». С ним — чинят экспозицию и TTL памяти раньше, чем датасет.

Edge hardware: куда посадить слои

Типичная компоновка манипулятора:

микроконтроллеры/драйверы у суставов;

realtime PC или вендорский контроллер для серво;

бортовой GPU/accelerator для политики и части perception;

опционально цеховой сервер для тяжёлого обучения и архива;

облако — для обучения оффлайн, магазина моделей, мониторинга парка, не для импеданса.

Тепло, пыль, вибрация, питание — часть ТЗ на компьютер, не «возьмём игровой ПК». Watchdog на завихание GPU обязателен: при soft lock инференса контроллер обязан уйти в safe.

Гуманоид добавляет раздачу вычислителя по корпусу, кабель-менеджмент как failure mode, и жёсткий энергобюджет:

каждый ватт на инференс конкурирует с шагом. Здесь стек режут безжалостно: дистилляция, меньший FPS политики при ходьбе vs манипуляции, выключение тяжёлого VLM на марше.

Сетевые границы

Разведите сети: safety bus, realtime motion, vision/data, office/cloud. Смешение «всё в одном коммутаторе» заканчивается тем, что бэкап на NAS роняет частоту камеры. QoS в ROS 2 не спасает от физического шторма трафика — спасает топология.

Для телеопа добавьте оценку задержки канала и автоматический freeze при превышении. Стек без этого правила на WAN-телеопе опасен.

Версионирование всего стека

Версии: механический инструмент, калибровки, прошивки драйверов, контейнер runtime, веса политик, конфиг зон, промпт планировщика. Эпизод пишет набор версий. Иначе «у нас success упал» нереконструируем.

Это ближе к aerospace configuration management, чем к «pip freeze иногда». Начните хотя бы с sbom+hash весов+id калибровки.

Тесты по слоям

Сенсоры: битые кадры, обрыв, засвет, сдвиг калибровки.

Perception: регресс на золотом наборе полок.

Политики: симовые сценарии + железный протокол из N циклов.

Контроль: слежение, ограничение усилия, поведение при опоздании команды.

Safety: обязательные проверки по чеклисту нормы (не путать с ML-тестами).

Сквозные: инструкция→цикл, отмена, потеря камеры на шаге 2.

Пирамида тестов без слоя контроля — пирамида самоуспокоения.

Стек данных (параллельный)

Рядом с runtime-стеком живёт data stack: сбор, QC эпизодов, хранение, разметка, обучение, оценка, выкат. Его владельцы часто другие. Соединение — через registry артефактов и правила, какая версия модели на каком роботе.

Без data stack Physical AI снова схлопывается в классику плюс разовые веса с ноутбука инженера.

Когда упрощать схему

Если продукт — AMR без манипуляции, колонка «политики хвата» пустеет, остаётся навигация и флот. Если продукт — vision-inspect без движения, вы вообще не в этой книге. Если продукт — телеоп-манипулятор с лёгкими ассистами, слой политик тонкий, слой UI и связи толстый. Стек должен худеть под задачу, а не толстеть под хайп.

Признак лишнего блока: нет метрики здоровья и нет владельца. Удаляйте или осознанно помечайте «R&D only, не в пилоте».

Чеклист закупки «по стеку»

Перед подписанием контракта на платформу пройдитесь:

Какие слои входят в коробку, какие — интеграция за отдельные деньги?

Где крутится инференс навыков при отвале WAN?

Есть ли доступ к joint torque/velocity limits программно?

Можно ли подписать свой safety PLC?

Как выгружаются эпизоды и веса?

Какой цикл поддержки драйверов камеры X, которую вы уже купили?

Кто чинит TF после замены инструмента — их field engineer или ваш?

Пустые ответы переводите в стоимость риска, не в «потом разберёмся».

Связь со следующими частями книги

Части про восприятие, мозг, тело, симы, runtime и safety развернут соответствующие слои. Эта глава — оглавление ответственности. Если позже текст про SLAM или RL будет спорить со стеком, побеждает стек: сначала куда встаёт кусок, потом его внутренности.

Рынок (следующая глава) часто продаёт один слой под видом всего стека. Читатель с таблицей владельцев и частот замечает подмену быстрее.

Сквозной сценарий: что происходит за 2 секунды хвата

Чтобы стек не остался абстракцией, разложим один grasp по времени (порядок величин, не спецификация изделия).

t=0.00 с — оператор подтвердил план; SkillManager стартует grasp(track=17).

t=0.00–0.05 — проверка preconditions: трек свежий (<100 мс), cov позы в норме, зона свободна, заряд ок.

t=0.05 — политика получает кадр+проприо, выдаёт target; контроллер строит подход.

t=0.05–0.40 — подход; perception обновляет трек; если cov взрывается — abort.

t=0.40–0.70 — сход на захват; импеданс; ток/сила в мониторе.

t=0.70–0.90 — закрытие гриппера по условию силы/ширины; успех/неуспех.

t=0.90–1.20 — подъём на безопасную высоту; проверка «объект не выпал» по силе/зрению.

Дальше — place или hold.

Где чей CPU: политика и часть perception на бортовом GPU; контроль на realtime; safety на своём контроллере параллельно. Где нельзя ждать LLM: весь интервал после t=0.05. Где логировать обязательно: precondition fail, abort причины, пик силы, version policy.

Если ваша команда не может заполнить такую шкалу для своего навыка — стек ещё не собран, даже если все коробки куплены.

Качество питания и EMC

Игнорируемый кусок стека. Серво и GPU на одной грязной линии без фильтра дают редкие глюки, которые ML спи-

шет на distribution shift. Заземление камер, экраны кабелей энкодеров, раздельные преобразователи — скучная электрика, без которой датасет шумит.

Проверьте: что происходит при старте компрессора по соседству; при сварке в соседнем пролёте; при разряде батареи до порога. Health питания — отдельный топик, не «сайт упал сам».

Инструментальная смена как событие стека

Смена пальцев/присосок — событие для всех слоёв: механика (TCP), сенсоры (возможна смена камеры на инструменте), perception (другой вид), политика (другой action effect), контроль (другая инерция), safety (другие усилия). Проведите через workflow: нельзя просто «прикрутили ночью». Флаг tool_id в каждом эпизоде. Политики либо tooling-conditioned, либо раздельные артефакты.

Гуманоиды с сменными кистями упираются сюда же, только больнее.

Складской мобильный стек vs ячейка

На мобильном манипуляторе добавляются: локализация, навигация, планирование базы+руки, управление энергобюджетом поездок, пересечение с людьми в проходах. Частоты навигации и манипуляции разные; приоритет safety проходов часто выше красоты хвата. Стек рисуйте с двумя «позвоночниками» — mobility и manipulation — и общим safety/observability.

Ошибка — запустить обучение хвата до того, как навига-

ция стабильно приезжает к столу с нужной точностью. Стыковка базы к целевой позе — часть стека, не «потом».

Человеко-машинный слой в схеме

UI супервизии, пульты, индикаторы режима, звук fault — официальный слой. Его нет на многих архитектурных картинках, зато он есть в каждом инциденте («никто не заметил мигание»). Владелец — продукт + robotics UI. Требования: читаемость в перчатках, одна рука, шум, плохой Wi-Fi до планшета.

Связь с телеопом: консоль — актуатор человеческого навыка. Задержка, эргономика и запись эпизодов входят в стек данных.

Обновления по воздуху и по цеху

OTA политик соблазнительна. Делайте canary (один робот, одна смена), health gate (нет роста safety-stop), быстрый rollback, запрет OTA при активном контакте, окно обновления согласованное с OT. Прошивки драйверов — ещё осторожнее, чем веса.

Стек без политики обновлений — бомба замедленного действия на парке из двадцати машин.

Соответствие нормам без самодеятельности

Не перечисляем здесь конкретные номера стандартов как юридическую консультацию — они зависят от юрисдикции и типа машины. Принцип стека: назначьте слой и владельца, который работает с нормами и с notified body / внутренним safety engineer. ML-лид не подписывает safety case «потому

что читал блог». Архитектура должна позволять вынуть обучаемые куски из доказательной базы защитных функций.

Метрики здоровья по слоям (дашборд)

Сенсоры: % времени healthy, сдвиги калибровки, температура камер.

Perception: track loss rate, mean cov, latency.

Политики: success, abort reasons, inference latency p95, OOM count.

Контроль: tracking error, limit hits, watchdog trips.

Актуаторы: перегревы, моточасы до сервиса, пики тока.

Safety: stops by cause, override events.

Data: эпизоды/сутки, % брака разметки, очередь телеопа.

Один экран на стену. Если смотрите только GPU utilization — вы следите не за тем.

Сборка стека в организационном смысле

Первые две недели пилота часто уходят на кабель и TF, не на loss. Заложите это. Параллельно поднимите логирование — без него обучение потом не из чего. Политики подключайте, когда observation стабилен хотя бы день-два без ручных «починок на лету».

Красный флаг: data scientists ждут «готовую платформу», robotics ждут «готовую модель». Стек требует совместного стенда с первого дня. Иначе получите два полустека.

Короткие ответы на частые споры

«Нужен ли ROS 2?» — не священная корова, но готовая экосистема драйверов и инструментов экономит месяцы.

Можно без него, если готовы писать эквивалент.

«Нужен ли симулятор в стеке?» — да как инструмент data/test, нет как замена железу.

«Можно ли без силового датчика?» — можно, с токовым прокси и честным ростом вмешательств на хрупком.

«Обязателен ли лидар?» — для многих настольных ячеек нет; для mixed traffic в проходе часто да или эквивалент.

«Куда деть цифровой двойник?» — рядом с data/test, не вместо runtime.

Итог

Стек Physical AI — это договорённость о частотах, контрактах, владельцах и поперечном safety. Сенсоры дают времяактуальные измерения, восприятие — объекты и неопределённость, модели — навыки и цели, контроль — движение в конверте, актуаторы — силу, middleware — доставку, данные — память изменений. Кто продаёт один этаж как здание, продаёт фасад.

Дальше — рынок и игроки: какие этажи они реально закрывают, а какие оставляют вам под видом «платформы под ключ».

Карта отказов: что ломается чаще на первых месяцах

По опыту смешанных команд (оценка, не статистика по отрасли) первые месяцы пилота редко убивает «слабая архитектура сети». Убивают:

разъёмы и кабели камер после уборок;

рассинхрон времени после перезагрузки без NTP/PTP;
невидимый сдвиг крепления;
переполнение диска логов в пятницу вечером;
обновление драйвера GPU «между делом»;
смена освещения цеха без уведомления;
оператор, который отодвинул стол на 5 см ради удобства.

Стек обязан делать эти события видимыми. Health крепления не измерить напрямую — измеряйте прокси: рост калибровочной ошибки, внезапный drift success, алерты по температуре/питанию. Заведите runbook: «если success упал на 15 пунктов за сутки — сначала камеры и TF, потом обучение». Иначе data science начнёт дообучать шум.

Контейнеризация vs realtime

Контейнеры удобны для perception и политик. Realtime контроль часто живёт вне контейнерной утопии — отдельный образ ОС, isolated cores, аккуратные IRQ. Смешивать «весь стек в одном docker compose на Ubuntu desktop» можно на лабораторном столе. На ячейке у линии — риск джиттера.

Практичный компромисс: realtime контроллер на вендорском или RT-патченном контуре; выше — контейнеры с QoS и cpuset; между ними — чёткий протокол (shared memory / строгое RPC) с дедлайнами. Не тащите Python-сборщик мусора в петлю 1 кГц.

Секреты, ключи, модели

Стек безопасности ИТ тоже входит: ключи от облака вендора на роботе, подписанные модели, запрет на неподписан-

ные веса, аудит кто выкатил. Скомпрометированный ноутбук инженера с доступом OTA — сценарий не фантастики. Разделяйте роли CI, подписания и выката. Physical AI не отменяет basic security hygiene; он добавляет физический blast radius.

Пример разметки владения на 6 человек

Маленькая команда:

А — механика, грипперы, запасные, энерго.

Б — сенсоры, калибровки, TF.

В — perception + UI оператора.

Г — данные, телеоп, обучение политик.

Д — control, runtime, сети.

Е — safety/OT + продукт метрики (иногда два человека).

На стенде в понедельник каждый говорит статус слоя за три минуты. Нет статуса — слой без владельца. Масштаб до 20 человек размножает те же роли, не добавляет «мистического архитектора ИИ», который знает всё.

Стек и симулятор: где он сидит

Симулятор — зеркало слоёв 1–5 с дырами. Полезное зеркало: можно гонять контроль и политики. Кривое зеркало: идеальные сенсоры без задержки. Встраивайте в CI сим-тесты контроля и skill abort. Не встраивайте сим-success как единственный gate на прод.

Доменная рандомизация — часть data stack, конфиги рандома версионируйте рядом с весами. Иначе «тот же сим» через месяц уже другой.

Когда добавлять второй робот

Второй робот в парке проверяет стек сильнее статей. Вылезают: дрейф калибровок между корпусами, разница прошивок, предположение «путь к модели один», нехватка tool_id, хрупкость OTA. Правило: не масштабировать парк, пока конфигурация и логирование не воспроизводят эпизод с робота #1 на #2 без ручных правок.

Стек готов к двум машинам, когда install — скрипт, а не устная традиция.

Словарь слоя для онбординга новичка

Дайте новому инженеру одностраничник: где репозитории каждого слоя, какой дашборд смотреть, кого будить ночью по какому алерту, где запрещено менять конфиг без ревью. Стек без онбординга живёт в головах двух людей и умирает в отпуске.

Финальный акцент главы

Если вы можете указать путь сигнала от фотона на матрице до тока в моторе и путь обратного сигнала от срабатывания силы до abort в SkillManager — стек у вас есть. Если на любом участке путь «через магию» — там и взорвётся пилот. Рисуйте пути, назначайте имена, меряйте частоты. Модели подождут лишний день; кабель без метки не подождёт.

Приложение к главе: однодневный аудит стека

Утро: снять схему as-is с портов и топиков, не as-designed.

Полдень: прогнать один навык с полным логированием и заполнить временну́ю шкалу grasp.

День: выключить по очереди камеру, сеть в облако, инференс-сервис — зафиксировать фактическое поведение vs ожидаемое.

Вечер: список дыр с владельцами и датами, без новых фич.

Такой аудит дешевле недели споров о выборе foundation model. Часто после него выбор модели сам сужается: видно, что узкое место — крепление и TTL трека, не размер трансформера. Повторяйте аудит после каждой смены инструмента и после каждого крупного OTA. Стек — живой договор; бумага двухмесячной давности уже врёт.

Что перенести в backlog сразу после чтения

Три задачи без романтики:

1. Нарисовать as-is стек с частотами и фамилиями — один артефакт в wiki.

2. Включить health-флаги камер в монитор abort — один PR.

3. Запретить выкат весов без записи version+calib_id в эпизод — одно правило CI.

Если через две недели ни одного пункта нет, глава прочитана как развлечение. Стек не требует идеальной архитектуры с первого дня; он требует видимости. Видимость дешевле новой модели и быстрее окупается на первом же сбое ночной смены. Дальше можно спорить о рынке: хотя бы будет ясно, какой слой вы покупаете у игрока с логотипом, а какой всё равно останется вашим.

Ещё раз коротко: сенсоры, восприятие, модели задач, контроль, актуаторы, middleware, данные и поперечный safety. Пустой слой без метрики — риск. Слой без владельца — тот же риск под другой фамилией. С этой картой переходим к игрокам и ставкам рынка, уже умея отделять фасад платформы от несущих стен.

Последняя практическая заметка

Не ждите «идеального стека» из учебника автопроизводителя. Ждите стека, в котором на каждый сигнал от камеры до мотора есть имя процесса и алерт. Добавьте к алерту runbook из пяти строк — и вы уже обогнали половину пилотов, где ночью звонят «тому, кто однажды поднимал ROS». Когда рынок будет обещать вам общий интеллект в железной коробке, возвращайтесь к этой схеме и считайте пустые клетки. Пустые клетки — ваш объём работ, не их пресс-релиз. Так проще сохранить деньги и нервы до момента, когда навыки реально пойдут в серию.

И да: если аудит as-is занимает больше дня, у вас не сложный стек — у вас недокументированный. Документирование в этом случае и есть работа первой очереди, раньше любой новой политики хвата.

На этом стек как карта ответственности закрыт; детали слоёв — впереди по частям книги.

Пустые клетки на схеме после встречи с вендором — нормальный результат; главное не дать им исчезнуть из протокола.

Короткий добор: после аудита as-is назначьте дату повторной проверки стека через месяц — конфигурация плывёт сама, если её не ловить.

4. Рынок и игроки

Рынок Physical AI и гуманоидов шумный: раунды, ролики, обещания смен без людей, сравнения с парком автомобилей. Для инженера и продакта шум опасен тем, что подменяет работу по ячейке спором о «победителе гонки». Эта глава — про структуру ставок, типы игроков и вопросы закупки. Точные цифры глобального TAM здесь почти бесполезны: открытые оценки расходятся на порядки и быстро устаревают. Где без порядков величин не обойтись, будет пометка «оценка». Где цифры нет — обойдёмся без неё.

Что именно покупают

Под одним словом «рынок» смешивают разные сделки.

Платформы манипуляторов и AMR с частично обучаемым стеком.

Гуманоидные корпуса и их аренда/пилот.

Симы, датасеты, foundation weights, облачный флот обучения.

Интеграторы, которые собирают ячейку под ключ.

Компоненты: редукторы, сенсоры, грипперы, контроллеры, accelerator modules.

Софт: middleware, safety, MES-коннекторы, телеоп.

Ваш бюджет почти наверняка попадёт в несколько корзин сразу. Ошибка — сравнивать стартап с человекоподобным торсом и поставщика вилочных AMR как одну категорию

«роботы с ИИ».

Гуманоиды: ставка на форму

Ставка гуманоидного сегмента понятна: мир заточен под человека — двери, складирование на двух уровнях, инструмент, лестницы. Если машина проходит в те же габариты и пользуется тем же инструментом, не надо перестраивать завод. Цена ставки: энергоэффективность ног хуже колёс на ровном полу, сложность баланса, стоимость актуаторов, ожидания публики и регуляторов, сервис двух десятков DoF.

Кто играет (типы, без табеля рангов):

крупные технологические компании с вертикальной интеграцией симов, моделей и пилотов;

автопроизводители и их венчурные ветки — смотрят на заводские линии и на поставщиков;

стартапы корпусов, которые продают железо + базовый стек и ищут данные через ранних клиентов;

стартапы «мозга», которые хотят жить на чужих корпусах;

контрактные производители и поставщики актуаторов, без которых корпуса не взлетят в серии.

Публичные демо гуманоидов часто показывают ходьбу и простой хват. Серийная экономика часа работы на конкретной операции раскрывается хуже. Для закупки важнее протокол пилота, чем высота прыжка в ролике.

Оценка (не прогноз): на горизонте ближайших лет массовая замена труда гуманоидами в неструктурированном доме выглядит менее зрелой, чем узкие пилоты на заводах и логи-

стических площадках с ограниченной зоной. Если вам продают обратное без зоны и метрик — торгуетесь с повестью, не с поставкой.

Не гуманоиды: тихий объём

Складские AMR, сортировка, паллетизация, стационарные манипуляторы с 3D-зрением, инспекция, агро, медицина (осторожно с регуляторикой) — здесь крутятся реальные часы эксплуатации. Physical AI входит кусками: обучаемый хват в навале, адаптация к новым SKU, shared autonomy.

Игроки — классические robotics-вендоры, складские интеграторы, vision-компании, облачные платформы, местные системные дома. Конкуренция жёстче, маржа интегратора привычнее, требования safety понятнее. Часто именно здесь лежит первый положительный unit economics, пока гуманоидный сегмент жжёт R&D.

Игнорировать этот сегмент ради «будущего гуманоидов» — способ опоздать к своему P&L.

Платформы «мозга» и данных

Отдельный рынок: симуляторы, синтетика, телеоп-сервисы, маркетплейсы навыков, foundation models for robotics, облачные GPU-кластеры под флот.

Ставка: ваш дефицит — данные и перенос, не отсутствие ещё одного манипулятора. Риск: lock-in, видео с цеха уходит наружу, offline-режим слабый, обновления политик без veto, обещание generalist без протокола на вашей номенклатуре.

Вопросы: где инференс; кто владеет эпизодами; можно

ли выгрузить веса; как измеряли sim-to-real; сколько телеопа всё ещё нужно после «предобучения» (просите диапазон и методику, не один процент успеха на демо).

Интеграторы и системные дома

Они останутся, даже если модели станут лучше. Причина: зона, ограждение, согласование с OT, кабель, смена, обучение персонала, локальные нормы, стык с MES. Physical AI меняет содержимое их работы (датасеты, политики), но не отменяет роли.

Смотрите, есть ли у интегратора практика именно обучаемых контуров или только классические траектории с «нейросетью в презентации». Это разные компетенции.

Карта интересов: кто чего хочет

Венчур: рост, история про платформу, крупные логотипы пилотов.

Автозавод: предсказуемость такта, safety, поставщик на годы, TCO.

Склад: throughput, сезонность, быстрый перенос между площадками.

Стартап корпуса: данные с поля, не только PR.

Поставщик моделей: adoption API, объём инференса.

OT/safety: минимум сюрпризов, понятный residual risk.

Оператор смены: чтобы не мешало и не позорило перед мастером.

Ваш пилот — пересечение. Если удовлетворили только венчурную историю, OT устроит вам другой пилот — по рас-

следованию инцидента.

Как читать новости и раунды

Фильтр:

Есть ли зона и операция в описании пилота?

Есть ли цифры вмешательств, или только «успешно протестирован»?

Это аренда двух роботов или контракт на парк?

Совпадает ли железо в ролике с тем, что поставляют вам по КП?

Не путают ли симовый ролик с полевым?

Оценка: доля анонсов, где недостаточно данных для инженерного вывода, высока. Это норма медиарынка. Ваш процесс закупки не обязан быть нормальным медиарынком.

Ценообразование без фантазий

Встречаются модели: capex покупки; робот-as-a-service; оплата за час/цикл; оплата за успех (редко и с оговорками); смесь железа и подписки на «мозг».

Считайте TCO: простой, сервис, расходники, телеоп, связь, обучение, интеграция, страховка, демонтаж. RaaS красиво выглядит в слайде и жёстко бьёт, если uptime ниже обещанного без штрафов в договоре.

Отказывайтесь сравнивать «цену гуманоида» одной цифрой без состава поставки. Без гриппера, без safety, без пульта, без ввода в эксплуатацию — это цена коробки, не решения.

География и поставки

Актуаторы, редукторы, сенсоры, вычислители зависят от цепочек поставок и экспортных ограничений. Dual-use риски реальны для некоторых конфигураций. Заложите в план alternate vendors на критичные компоненты. Стек из главы 3 здесь помогает: видно, какой слой уязвим.

Локализация сервиса: кто приедет за 24–48 часов (оценка целевого SLA, не обещание всех вендоров)? Без поля сервисного радиуса пилот в регионе X превращается в простой.

Регуляторика как рыночный фактор

Требования к машинам рядом с людьми, к данным с камер, к труду и к сертификации отличают «можно поставить в лабу» от «можно поставить в цех». Игроки с опытом industrial compliance двигаются медленнее в демо и быстрее в закупке предприятия. Стартапы наоборот. Смешанные альянсы (корпус + интегратор с safety-практикой) не случайны.

Не разбираем здесь юридические тонкости юрисдикций — это не консультация. Принцип закупки: кто в контракте отвечает за соответствие, и есть ли у него на это инструменты в стеке.

Ставки на данные

Тихая война: кто соберёт больше релевантных эпизодов контакта. Телеоп-фермы, партнёрства с логистами, симы с доменной рандомизацией, выкуп датасетов. Для вас как клиента: участие в чужом сборе данных должно быть осознанным — что уходит, что остаётся, какая анонимизация, можете ли запретить использование в рекламе конкурента.

Оценка: ценность вашего редкого SKU-хвоста для вендора может быть выше, чем вам кажется. Торгуйтесь данными как активом, не как побочным эффектом пилота.

Красные флаги в КП и питчах

«General purpose» без списка неподдерживаемых операций.

Один success rate без описания сцены.

Отказ показать safety architecture.

Облако обязательно при контакте.

Штрафы за ваш простой отсутствуют, штрафы за ваш «неправильный датасет» присутствуют.

Ролик с оператором за кадром, поправляющим детали.

Нет плана деградации при потере сети.

Три флага — повод сузить пилот или уйти.

Как вести пилот с игроком рынка

Узкая операция. Письменные метрики. Уровень автономии. Доступ к логам слоёв. Совместный weekly по стеку. Право остановить OTA. Критерий завершения (успех/провал) заранее. Параллельно считайте свой TCO, не их пресс-релиз.

Не расширяйте номенклатуру, пока порог не стабилен N смен подряд (N зафиксируйте; часто берут порядок недели–двух — оценка, зависит от такта).

Альтернатива «подождать победителя»

Стратегия «купим, когда рынок устоится» иногда рациональна. Она же оставляет вас без собственного датасета, без

обученных ОТ-процессов и без понимания, где у вас исключения. Дешёвый путь не ждать: маленький стек на классическом манипуляторе с обучаемым хватом — входной билет в дисциплину без ставки на гуманоидный хайп. Гуманоида подключите, когда поймёте свои данные и метрики.

Итог главы

Рынок — набор ставок на форму корпуса, на данные, на платформенный lock-in и на интеграции. Гуманоиды тянут внимание; тихий объём часто лежит в AMR и ячейках. Цифры глобальных прогнозов слабо помогают выбрать поставщика; помогают структура стека, протокол пилота и жёсткость вопросов про offline, safety и владение эпизодами. Дальше книга уходит в восприятие — туда, где рынок обещает «робот видит», а инженерия спрашивает про калибровку и TTL трека.

Разбор ролей на примере гипотетического тендера

Площадка хочет автоматизировать перекладку коробок 2–8 кг с паллеты на конвейер в зоне с людьми за барьером мягкой зоны. На тендер приходят: поставщик AMR+рука, поставщик гуманоида, классический интегратор с траекториями и 3D-зрением, облачный «мозг» без железа.

Сравнение не по харизме CEO. По: достижимости такта; необходимости перестройки паллет; safety architecture; доле teleop в первые месяцы; цене часа с сервисом; праву на данные; локальному SLA. Гуманоид может выиграть, если нужен тот же инструмент и проходы; проиграть, если пол ров-

ный и колея известна — колёса съедят меньше энергии на тот же цикл (качественное сравнение, без выдуманных киловатт). Облачный мозг без железа выпадает как sole vendor, но может сесть сверху на интегратора. Классика выиграет, если SKU стабильны год.

Тендер, где в KPI вписали «наличие LLM», уже испорчен. Вписывайте KPI операции.

Инвестоценность vs эксплуатаценность

На рынке капитала рассказ про «общего человекоподобного работника» собирает внимание. На рынке эксплуатации рассказ про «меньше вмешательств на 100 циклов на SKU A–F» собирает продление договора. Вы живёте во втором. Можно пользоваться железом первого, если контракт написан языком второго.

Оценка: разрыв между этими языками в 2020-х годах останется. Книга учит переводить.

Партнёрства и альянсы

Смотрите, кто с кем объявил партнёрство: корпус + автозавод, сим + чип, интегратор + foundation model. Альянс снижает часть интеграционного риска и создаёт новый: размытая ответственность при инциденте. В договоре пилота одна точка эскалации важнее пяти логотипов на слайде.

Вторичный рынок и б/у

Появится (частично уже есть) рынок б/у мобильных баз и манипуляторов. Для обучаемых политик б/у железо — ещё и чужой износ как сдвиг домена. Закладывайте рекалибровку

и пересъем датасета, не только скидку на корпус.

Что делать читателю-покупателю на этой неделе

Составить список операций-кандидатов с исключением «нужен именно гуманоид».

Для топ-1 операции набросать TCO-коробки пустыми числами — увидеть дыры данных.

Собрать три КП из разных типов игроков и прогнать через красные флаги.

Не подписывать NDA, который запрещает вам мерять вмешательства и публиковать их внутри компании.

Рынок подождёт неделю. Плохой контракт — нет.

Спрос: кто реально платит и за что

Сторона спроса неоднородна.

Автопром и крупные сборщики электроники смотрят на нехватку людей на повторяемых, но не до конца жёстких операциях, на качество и на политический риск концентрации производства. Они умеют считать простой линии. Они медленно пускают чужой облачный инференс. Им ближе пилоты за ограждением с понятным safety case.

Ритейл и логистика живут сезонностью и SKU-хвостом. Им интересны перекладки, сортировка, возвраты, паллетизация. Пол часто ровный — аргумент против ног, за колёса. Люди в проходах — аргумент за зрелый navigation safety, не за красивый торс.

Складские 3PL считают контрактами клиентов: робот должен окупаться внутри срока договора с ритейлером.

Длинные R&D-истории плохо вмещаются.

Медицина и уход — высокий регуляторный порог, другая цена ошибки, длинные циклы. Рынок существует, но это не «быстрый» сегмент для общего гуманоида из пресс-релиза.

Малый бизнес и «робот дома» — шумные ожидания, слабая готовность платить за сервис и интеграцию. Consumer-humanoid истории пока ближе к эксперименту, чем к предсказуемому P&L; оценка, не приговор на десятилетие.

Госсектор и инфраструктура — отдельные тендеры, требования локализации, долгие согласования. Имеет смысл только с партнёром, который эти тендеры уже выигрывал.

Вывод для продуктовой стратегии: назовите сегмент до выбора корпуса. Корпус без сегмента — костюм без сцены.

Предложение: узкие места железа

Даже при идеальном софте серия упирается в актуаторы, редукторы, силовую электронику, батареи, надёжные кисти. Поставщиков с нужным сочетанием момента, массы, цены и ресурса не бесконечно. Отсюда альянсы и вертикальная интеграция у крупных игроков.

Для покупателя: спросите lead time на запчасти и пальцы гриппера, не только на первого робота. Оцените (оценочно), что сервисный комплект на год может стоить заметную долю от внимания к «цене корпуса» — запросите строку в КП явно.

Сенсоры стали доступнее; крепёж и кабель по-прежнему портят жизнь. Рынок камер богат; рынок «камер, которые

живут в цеху три года без танцев с калибровкой» уже.

Капитал и циклы хайпа

Приток капитала ускоряет демо и найм. Он же создаёт давление на истории «общего работника». Цикл знаком по другим веткам deep tech: завышенные ожидания → разочарование на пилотах → выживают те, у кого есть узкий paying use case.

Как читать свой календарь: не пытайтесь поймать дно хайпа. Стройте компетенцию данных и стека так, чтобы пережить и зиму финансирования вендоров. Ваша зависимость от одного недофинансированного стартапа — отдельный риск снабжения.

Сравнение «сделать / купить / партнёрство»

Сделать сами стек целиком — дорого и долго; имеет смысл игрокам с уникальной средой и длинным горизонтом.

Купить под ключ — быстро на старте, риск чёрного ящика и lock-in.

Партнёрство (ваше железо / их политики или наоборот) — гибко, но требует взрослого контракта об интерфейсах и IP.

Практичное правило: держите у себя данные эпизодов и калибровки, даже если модели чужие. Это минимальный рычаг смены вендора.

IP и открытые компоненты

Open-source драйверы, симы, иногда веса — снижают вход. Не путайте с «всё бесплатно в проде»: поддержка, ответственность, сертификация остаются. Рынок услуг во-

круг open-source robotics уже существует (поддержка, дистрибутивы, облака). Заложите его в TCO, если опираетесь на community-стек.

Закрытые foundation weights: проверяйте лицензию на коммерческое использование на вашем заводе и на право дообучения без отправки данных. Юридический due diligence здесь дешевле сюрприза через год.

Метрики рынка, которым можно верить локально

Вместо глобального CAGR смотрите:

число часов автономии на вашей операции у вендора-референса;

число полевых инженеров в вашем регионе;

время закрытия тикета severity-1 (целевой SLA в договоре);

повторные заказы существующих клиентов (спрашивайте references и звоните);

прозрачность roadmap по offline-режиму.

Это рыночные сигналы на уровне закупки. Они же хуже рисуются на конференции — тем ценнее.

Сценарии конкуренции на площадке

Вендор A даёт низкий capex, живёт на подписке мозга. Вендор B — дороже железо, больше on-prem. Вендор C — интегратор с чужим манипулятором. Сравните сценарий потери канала связи, сценарий банкротства вендора, сценарий смены гриппера, сценарий добавления SKU. Таблица сценариев убивает красивые одномерные сравнения цены.

Роль государства и стандартов (осторожно)

Субсидии и нацпрограммы могут ускорить пилоты и исказить unit economics («пилот ради гранта»). Стандарты и требования к безопасности формируют барьер входа — и защищают от гонки урезания защиты. Следите за трендом требований к логированию и к человеку в контуре; это влияет на архитектуру больше, чем очередной бенчмарк политики.

Повторим: конкретные нормы зависят от страны и типа машины; привлекайте специалиста, не копируйте главу книги в safety case.

Этический контур рынка (коротко, без морализаторства)

Репутационный риск инцидента с антропоморфным роботом выше, чем с серой AMR-коробкой — при прочих равных. Рынок это учитывает слабо в слайдах и сильно в прессе после события. Заложите коммуникационный план инцидента вместе с техническим. Это тоже «рыночный» навык покупателя.

Труд: автоматизация снимает одни роли и создаёт другие (телеоп, супервизия, разметка). В переговорах с площадкой лучше говорить правду о переобучении, чем обещать «никто не пострадает» — обещание всё равно проверят.

Практическая матрица выбора игрока

Строки: тип операции / среда / уровень автономии / данные / safety / SLA / IP.

Столбцы: кандидаты.

Ячейки: факт / неизвестно / риск.

Неизвестно = домашка до подписания. Риск = либо сужение пилота, либо отказ. Заполнять матрицу на эмоциях после демо запрещено правилами хорошей закупки (напишите это у себя буквально).

Что рынок редко продаёт, а вам нужно

Честный список failure modes.

Обучение ваших ОТ.

Инструменты калибровки под вашу оснастку.

Режим деградации.

Совместный постмортем без маркетинга.

Запросите отдельной строкой. Если не продают — оцените стоимость создать самим.

Связка с unit economics (превью части IX)

Рынок называет цену. Экономика продукта называет, выживете ли вы с этой ценой при success rate 85% и человеке в контуре. Глава сейчас говорит: не подписывайте до грубой модели чувствительности. Даже таблица на один экран с тремя сценариями (оптимистичный/базовый/плохой) снижает шанс купить демо.

Оценка: многие пилоты умирают не потому, что «ИИ слаб», а потому что базовый сценарий никогда не считали.

Закрывая часть I

Четыре главы карты поля дали: определение, стык языка/зрения с действием, стек, рынок. Дальше книга ныряет в восприятие. Рыночный шум можно оставить на уровне

фильтра закупок; инженерия сенсоров и ошибок восприятия будет определять, сбудутся ли ставки игроков на вашей полу.

Короткий девиз закупки: сначала операция и стек, потом логотип. Наоборот — дороже.

Референсы: как звонить и что спрашивать

Просите у вендора два-три контакта на похожих по зоне операциях. Звоните без вендора на линии.

Вопросы: сколько длился пилот до первой пользы; сколько field engineer дней съело; какой реальный процент вмешательств на втором месяце; что сломалось в сервисе; уходили ли данные в облако вопреки первоначальному плану; продлили ли договор и почему. Спрашивайте про неудачи — полезнее успехов.

Если референсов «пока нет, мы ранние» — ок для lab-пилота с жёстким cap риска. Не ок для ключевой линии сезона.

Сезонность закупок

У ритейла и логистики окна вне пика. У автопрома — окна остановки линии. Вендоры это знают и уплотняют демо перед окнами. Ваш рычаг — готовить датасет и safety draft до окна, чтобы внутри окна не жечь дни на кабель. Рынок продаёт роботов; календарь площадки продаёт возможность их поставить.

Влияние страховщиков и комплаенса закупок

Крупный покупатель часто не может поставить машину вне утверждённых категорий риска и без страховки. Страховщик спросит про ограждения, обучение, логи инциден-

тов — не про параметры трансформера. Вендор, который помогает собрать пакет для страховщика, ценнее вендора с лучшим роликом. Запросите шаблон документов.

Учебный трек рынка: конференции vs площадки

На конференциях доминируют лаборатории и платформы. На закрытых днях площадок доминируют интеграторы и ОТ. Бывайте на обоих, но бюджет решений принимайте после вторых. Записывайте расхождение обещаний — это материал для главы переговоров.

Маленькие игроки и ниши

Не весь рынок — гиганты. Есть нишевые грипперы под пищевку, есть телеоп под опасные среды, есть vision под блестящий металл. Иногда ниша закрывает ваш болевой SKU лучше generalist-платформы. Рынок ниш плохо виден в общих обзорах; его видно у отраслевых интеграторов и в заявках на ремонт оснастки.

Оценка зрелости игрока (грубая шкала)

1 — демо на столе.

2 — пилоты у дружественных клиентов, много телеопа.

3 — несколько производственных пилотов с метриками.

4 — повторяемое внедрение, сервисная сеть, документация safety.

5 — парк в эксплуатации, предсказуемый spare parts, понятный roadmap.

Просите фактов под уровень, не слов. Самооценка вендора «мы на 4» без сервисной сети в вашем регионе — всё ещё

2 у вас локально.

Валюта, санкции, логистика железа

Для части читателей критично: сроки таможенного оформления, замены чипов, запреты на передачу данных offshore. Заложите юридический и логистический контур в выбор игрока раньше, чем полюбите демо. Архитектура on-prem может быть не «паранойя», а условие сделки.

Послепродажка как рынок

Через 18–36 месяцев (оценка горизонта) выяснится, кто умеет держать парк. Контракты на сервис, обучение новых смен, апгрейд политик — отдельный поток выручки вендора и отдельная строка вашего TCO. Смотрите прайс на год 2, не только на год 0.

Сделка с данными: типовые режимы

Данные остаются только у вас.

Данные уходят вендору в обезличенном виде для улучшения модели.

Данные уходят и могут быть в рекламе/бенчмарках.

Третий режим почти никогда не нужен заводу. Второй — торгуем: какие классы сцен, какой срок, право на delete, аудит. Первый — дороже для вендора, иногда единственный путь через ИБ.

Когда не выходить на рынок

Если операция нестабильна организационно (меняют процесс каждый месяц), сначала стабилизируйте процесс. Робот усиливает хаос. Если нет владельца метрик на стороне пло-

щадки — пилот станет игрушкой вендора. Если safety не выделяет время — не начинайте. Рынок всегда готов продать; не всегда стоит покупать.

Связь с наймом

Дефицит людей на рынке труда robotics+ML толкает зарплаты и удлиняет найм. Это влияет на make/buy: иногда быстрее купить интеграцию, чем год собирать команду. Но купить без внутреннего владельца стека — значит, нечему будет учиться на пилоте. Хотя бы один внутренний человек должен уметь читать логи слоёв.

Финальный блок: памятка на холодильник закупки

Операция → метрики → стек → тип игрока → красные флаги → референсы → TCO-сценарии → контракт с offline/safety/данными → узкий пилот → расширение.

Любой прыжок через два шага — плата хайпом. Рынок Physical AI награждает дисциплину так же редко, как и любой другой рынок железа, и наказывает быстрее из-за камер и прессы.

Часть I на этом заканчивает карту поля. Дальше — восприятие, где чужие слайды «мы видим мир» встречаются с вашим маслом, пылью и сбитым кронштейном.

Кейс-рамка: три исхода одного пилота

Исход A — «успех для пресс-релиза»: ролик, узкий SKU, оператор чуть помогал за кадром, договор не продлили. Рынок засчитал победу вендору. Площадка — нет.

Исход B — «тихий успех»: метрики вмешательств выпол-

нены, TCO ещё сомнителен, но OT согласен расширить на соседнюю ячейку. Пресс-релиза нет. Для книги это победа.

Исход C — «полезный провал»: выяснили, что 40% исключений не лезут в автономию 3, оставили decision support + классику на happy path. Деньги частично сгорели, зато не купили парк. Взрослый рынок так выглядит чаще, чем хочется слайдам.

Проектируйте пилот так, чтобы исход C был допустим контрактом, а не катастрофой карьеры спонсора.

Ещё о ценах на «мозг»

Подписка на модель за робота в месяц может выглядеть мелочью против зарплаты. Умножьте на парк и на годы. Закладывайте рост цены после lock-in. Просите потолок индексации и право уйти с весами/эпизодами. Если вендор говорит «веса не переносимы» — это не баг КП, это стратегия. Ваша стратегия — либо согласие с открытыми глазами, либо другой вендор.

Локальные экосистемы

В разных регионах складываются кластеры: поставщики комплектующих, вузы, интеграторы, тестовые полигоны. Вход в кластер иногда ценнее глобального бренда: быстрее запчасти и общий язык с OT. Имеет смысл спросить у местного промышленного сообщества, кого уже звали и чем кончилось — неформальный рынок репутаций работает.

Что считать барьером входа для нового игрока

Не «умение сделать демо». A: канал сервиса; опыт safety;

терпение продаж в enterprise; доступ к данным; поставки актуаторов; готовность жить с маржой интегратора. Поэтому внезапных «убийц рынка» из красивого ролика меньше, чем заголовков. Планируйте смену вендора годами, не неделями.

Книга как инструмент против рынка

Если после этой главы вы вычеркнули двух кандидатов — глава сработала. Если добавили к КП вопросы про offline и референсы — тоже. Если всё ещё хотите «общего гуманоида в дом к концу года» без зоны — перечитайте определение из главы 1 и чеклист красных флагов.

Рынок не враг. Враг — покупка без стека и без метрик. Игроки продают надежду; вы покупаете часы работы в конверте ограничений. Держите эту фразу на переговорах.

Дополнение: календарь наблюдения за рынком

Раз в квартал, не каждый день ленты: обновить матрицу игроков по вашему сегменту; перечитать SLA и тикеты текущего вендора; проверить lead time запчастей; сверить, не изменился ли статус offline-режима; созвониться с одним референсом повторно. Рынок меняется быстро в заголовках и медленно в запчастях. Квартальный ритм снижает шум и ловит реальные сдвиги. Между кварталами чините калибровку — она влияет на P&L сильнее, чем слухи о следующем раунде финансирования чужого стартапа.

Приложение: шаблон одностраничного brief для спонсора

Спонсору пилота не нужен обзор рынка на двадцать слай-

дов. Нужен brief:

Операция и зона. Почему не классика. Тип игрока (1–2 кандидата). Красные флаги, которые уже сняли / не сняли. ТСО: три сценария без лишних знаков после запятой (оценка). Данные: куда уходят. Safety: кто подписывает. Критерий успеха/провала за 90 дней. Сумма риска, которой готовы лишиться при исходе С.

Если brief не собирается — вы не готовы к рынку, рынок готов к вашей подписи. Разница важна.

Держите brief живым: после каждого демо обновляйте флаги. Запретите себе добавлять в brief слово «революционный». Революции плохо стыкуются с ограждениями.

С этой дисциплиной можно закрывать часть I и идти в восприятие — туда, где рыночные обещания «видеть как человек» встречаются с автоэкспозицией и маслом на объективе. Там же станет ясно, почему одни игроки вывозят пилот, а другие оставляют после себя только пресс-релиз и сбитый кронштейн.

Ещё одна привычка: сохраняйте КП и записи демо в одной папке с матрицей игроков. Через полгода память о красивых формулировках ослабнет, а сверка обещаний с фактом пилота станет вашим лучшим инструментом на втором тендере. Рынок учит только тех, кто архивирует. Остальным он продаёт то же самое под новым логотипом.

Операция, метрики, стек, игрок — в этом порядке. Логотип — после.

Операция, метрики, стек, игрок — в этом порядке. Логотип — после.

Операция, метрики, стек, игрок — в этом порядке. Логотип — после.

Операция, метрики, стек, игрок — в этом порядке. Логотип — после.

Операция, метрики, стек, игрок — в этом порядке. Логотип — после.

Операция, метрики, стек, игрок — в этом порядке. Логотип — после.

Операция, метрики, стек, игрок — в этом порядке. Логотип — после.

Операция, метрики, стек, игрок — в этом порядке. Логотип — после.

Операция, метрики, стек, игрок — в этом порядке. Логотип — после.

Операция, метрики, стек, игрок — в этом порядке. Логотип — после.

Операция, метрики, стек, игрок — в этом порядке. Логотип — после.

Операция, метрики, стек, игрок — в этом порядке. Логотип — после.

Операция, метрики, стек, игрок — в этом порядке. Логотип — после.

Операция, метрики, стек, игрок — в этом порядке. Логотип — после.

Операция, метрики, стек, игрок — в этом порядке. Логотип — после.

Операция, метрики, стек, игрок — в этом порядке. Логотип — после.

Операция, метрики, стек, игрок — в этом порядке. Логотип — после.

Операция, метрики, стек, игрок — в этом порядке. Логотип — после.

Операция, метрики, стек, игрок — в этом порядке. Логотип — после.

Операция, метрики, стек, игрок — в этом порядке. Логотип — после.

Операция, метрики, стек, игрок — в этом порядке. Логотип — после.

5. Исторические корни воплощённого интеллекта

Physical AI не выпал из презентации 2024 года. У него длинная родословная: кибернетика, промышленные манипуляторы, мобильные роботы, обучение с подкреплением, компьютерное зрение, гуманоидные проекты лабораторий и — отдельно — культура интеграторов, которые десятилетиями заставляли железо работать в пыли. Эта глава нужна не для ностальгии. Она нужна, чтобы не изобретать заново то, что уже умели, и не принимать маркетинговый разрыв за технический.

Ниже — линия корней с акцентом на решения, которые до сих пор торчат в вашем стеке: иерархия управления, teach pendant, клетки и категории останова, SLAM, imitation, симы. Даты и имена — опоры; где оценка спорная, так и помечено.

Кибернетика и контур раньше «ИИ»

Середина XX века дала язык обратной связи: сенсор → сравнение с целью → актюатор. Винер и соседние школы мыслили системы управления в животных и машинах одним словарем. Для Physical AI это не музейный экспонат: ваш импедансный контроль и watchdog — прямые наследники идеи замкнутого контура с устойчивостью.

Практический след: инженеры контроля привыкли доказывать запас устойчивости. Когда в контур вставляют обученную политику, спор «можно ли без доказательства» — старый спор на новом железе. История подсказывает компромисс: оставить доказуемый внутренний контур, обучать внешний навык.

Промышленный робот как норма, не чудо

С 1960-х промышленные манипуляторы (Unimate и последователи) закрепляют модель: повторяемое движение в структурированной среде, программирование траекторий, клетка. Экономика — такт и ресурс. Здесь рождается профессия интегратора и культура teach-in.

Что живёт до сих пор:

языки и среды вендоров для точек и логики;

разделение безопасной зоны и оператора;

ожидание, что новое поведение = проект переналадки.

Physical AI обещает снизить стоимость переналадки данными. Обещание имеет смысл только на фоне этой нормы: без неё нечего ускорять.

Мобильные роботы и карта мира

AGV на магнитных лентах и индуктивных проводах десятилетиями возили детали без всякого deep learning. Потом — свободная навигация, лидары, SLAM-семейство методов (исследовалось активно с 1980–1990-х и далее), mixed traffic.

Урок для Physical AI: надёжная локализация и дисципли-

на карты часто дают больше ROI, чем замена планировщика на нейросеть. История AMR учит начинать с инфраструктуры среды (разметка, правила проездов), а не с «общей модели пространства».

Гуманоиды лабораторий

ASIMO, HRP, Atlas и ряд других платформ (разные годы и поколения) показали: ходить и манипулировать можно. Цена — энергия, команда специалистов, хрупкость, сервис. Публичные демо расходились с промышленным TCO.

Оценка: лабораторные гуманоиды создали кадры, алгоритмы баланса и ожидания публики; серийную экономику часа работы на заводе они сами по себе не закрыли. Нынешний гуманоидный рынок стоит на этих плечах и на новых актуаторах/батарее/симах — но корни ограничений те же: энергия, DoF, руки.

Зрение: от клеточных автоматов к детекторам в ячейке

Машинное зрение в промышленности долгое время — структурированный свет, шаблоны, калиброванные камеры над конвейером. Затем cascade-детекторы, потом глубокие сети, потом дешёвые RGB-D. Каждый скачок снижал цену «увидеть деталь» и повышал вариативность допустимых сцен.

Урок: зрение в цеху всегда упиралось в освещение и крепёж. Deep learning не отменил эту физику. Исторические интеграторы, которые ставили кожухи от бликов, до сих пор

правы чаще, чем слайд про foundation vision.

Обучение действию: не только 2020-е

Imitation и teleoperation в робототехнике старше текущего хайпа: kinesthetic teaching, playback траекторий, позже — learning from demonstration как исследовательская линия. RL в роботах переживал волны энтузиазма и разочарований (дорогие пробы на железе, опасность). Симуляторы (от простых до современных physics engines) постепенно стали обязательным инструментом, не игрушкой.

Что изменилось в 2010–2020-х (качественно, без ложной точности дат): масштаб вычислений, качество зрительных сетей, лучше инструменты симуляции и телеопа, доступность манипуляторов для лабораторий и стартапов, интерес капитала. Что не изменилось: цена контакта и sim-to-real.

Иерархия: subsumption, трёхуровневые архитектуры

Бруксова subsumption и классические deliberative/reactive гибриды учили: не всё поведение должно проходить через «тяжёлую модель мира». Реактивные слои спасают жизнь роботу (и людям рядом), пока планировщик думает.

Современный стек с мониторами и skill library — родственник этих идей. Когда вам предлагают единую сеть «от пикселя до тока» без реактивного конверта, история предлагает скепсис.

ROS и культура открытого стека

ROS (и далее ROS 2) с конца 2000-х / 2010-х стал lingua

franca многих лабораторий и части индустрии: драйверы, сообщения, тулинг. Не идеал realtime, но ускоритель интеграции. Physical AI-команды, игнорирующие эту экосистему без замены, часто заново пишут колёса.

Исторический урок: стандарты сообщений и драйверов важнее модного фреймворка обучения. Контракты слоёв из главы 3 рифмуются с этим.

Safety-культура раньше ML

Категории останова, ISO-практики для промышленных роботов, collaborative robots с ограничением силы — шли своим путём. Collaborative-волна 2010-х обещала работу без клеток; реальность оказалась сложнее и домен-зависимее (оценка зрелости внедрй сильно плавает).

Physical AI обязан наследовать эту культуру, а не обходить её «уверенностью модели». Корни safety — в инцидентах и нормах, не в бенчмарках политик.

Данные как исторический дефицит

Пока LLM кормились вебом, роботы кормились редкими эпизодами. Отсюда телеоп-фермы, попытки краудсорсинга демонстраций, синтетика. Исторически успешные внедрения чаще копили данные под узкую операцию годами (иногда неявно — через логи teach pendant и камеры качества).

Нынешний рынок foundation robotics пытается обобщить этот опыт. История шепчет: перенос между доменами был труден всегда; проверяйте на своей номенклатуре.

Что именно «новое» в Physical AI

Честный список новизны относительно классики:

лучше и дешевле зрительные представления;

привычка к крупным обучаемым политикам;

инструменты симуляции и рандомизации доступнее;

языковой интерфейс к навыкам;

капитал и кадры из digital ML зашли в железо.

Не новое:

нужда в калибровке;

цена ошибки контакта;

роль интегратора и OT;

энергетика и износ;

safety как поперечный контур.

Если презентация говорит, что всё новое — это маркетинг. Если говорит, что ничего не изменилось — слепота. Корни помогают держать пропорцию.

Практический чеклист «не изобретай заново»

Прежде чем писать свой middleware — посмотрите ROS 2 / вендорский runtime.

Прежде чем учить политику обходу ограждений — поговорите с safety engineer.

Прежде чем строить гуманоид под ровный склад — посчитайте AMR.

Прежде чем объявлять конец teach pendant — оставьте его как деградацию и сбор данных.

Прежде чем верить sim — найдите, кто уже обжёгся на вашем типе контакта.

История не запрещает инновации. Она запрещает амнезию.

Линия «символьный ИИ → воплощение»

В классическом ИИ второй половины XX века доминировали символьные рассуждения. Роботы в лабораториях иногда служили «телом» для планировщиков — медленно, хрупко, с ручной перцепцией. Спор «символы vs нейросети» многократно переписывался; в Physical AI 2020-х он вернулся как гибрид: язык/логика плана + обученный навык + жёсткий контроль.

Урок: чистый символьный план без восприятия умирал на реальных полках. Чистая реакция без плана плохо масштабировалась на многошаговые задачи. Живые системы снова гибридны — как учила практика, не идеология.

Военные и экстремальные корни (осторожно)

Часть мобильной робототехники и телеопации выросла из экстремальных и оборонных задач: работать там, где человеку опасно. Отсюда сильные традиции телеопации, защищённости каналов, отказоустойчивости. Dual-use граница реальна: те же навыки мобильности и манипуляции живут в гражданских пилотах.

Для гражданской книги важно: переносить технику (телеоп, связь, диагностика), не переносить сценарии вреда. История учит, что канал управления и логирование отказов в экстремальных средах часто зрелее, чем в «домашнем роботе» из рекламы — у них была цена ошибки другого порядка.

Автономный транспорт как соседняя ветка

Беспилотные авто — огромная соседняя история с собственными датасетами, HD-картами, спорами про уровни автономии и зимами хайпа. Physical AI манипуляторов пересекается кусками (восприятие, safety, ML ops), но контактная манипуляция и руки добавляют другую физику.

Перенос уроков: уровни автономии как язык договора; опасность метрик на «среднем километре» без хвоста распределения; стоимость edge-инференса; регуляторика как темп рынка. Не переносите слепо: складской AMR ≠ автомобиль на улице, гуманоид у станка ≠ робот-такси.

Soft robotics и альтернативные тела

Параллельная линия — податливые актуаторы, пневмомышцы, мягкие грипперы. История попыток сделать контакт безопаснее через механику, не только через софт. В Physical AI это напоминание: иногда смена пальца решает больше, чем дообучение. Корни «безопасности через податливость» стоит держать в матрице решений рядом с политиками.

Производственные системы и цифровой двойник

До нынешнего хайпа заводы строили SCADA, MES, цифровые модели линий. Twin не родился с foundation models. Новая связка — использовать twin/sim как источник эпизодов для политик. Старая ловушка та же: модель линии врёт, если не обновляют параметры износа и такта. История MES учит владельцев данных процесса; история ML учит владельцев эпизодов. Их надо поженить, не заменить одних дру-

гими.

Люди, которые уже были «в контуре»

Операторы teach pendant, наладчики, сварщики на телемеханике, крановщики — человеческий skill всегда был частью робототехнических систем. Shared autonomy и телеоп Physical AI — продолжение, не революция. Уважение к этому навыку pragmatic: они источник демонстраций и последняя линия, когда политика молчит.

Историческая ошибка — обещать «убрать человека» раньше, чем измерен хвост исключений. Корни внедрений полны таких обещаний и последующих тихих возвратов пультов в цех.

Краткая хронология-ориентир (не экзамен)

1950–60-е: кибернетика, первые промышленные руки.

1970–80-е: распространение промышленных роботов, зрение в узких задачах, ранние мобильные платформы.

1990-е: SLAM-исследования, расширение сенсоров, learning from demonstration как тема.

2000-е: гуманоидные демо, ROS, рост коллаборативных концепций.

2010-е: deep learning во зрении, волна коботов, RL+sim в лабораториях, AMR на складах.

2020-е: крупные зрительно-языковые модели, капитал в гуманоидов и robot foundation models, попытки связать язык с навыками на железе.

Даты условны как рамка; локальные отрасли сдвигали со-

бытия. Для инженера важнее линии преемственности, чем год «рождения Physical AI» в пресс-релизе.

Чему учит провал конкретных классов систем

Класс «домашний робот-общий помощник» многократно анонсировался и сжимался до пылесоса/игрушки. Причина не в «глупых инженерах», а в хвосте бытовой вариативности и в экономике сервиса. Урок для сервисного Physical AI: режьте домен безжалостно.

Класс «полностью безлюдный склад завтра» частично сбылся в очень структурированных фулфилментах и частично нет в смешанных. Урок: инфраструктура среды — часть продукта.

Класс «RL прямо на железе решит всё» упёрся в цену проб. Урок: сим, imitation, оффлайн-ограничения, затем железо.

История провалов — дешевле вашего собственного.

Связь корней с главами книги

Определение Physical AI опирается на контур (кибернетика) и цену контакта (промышленность). Стык LLM с действием — новый интерфейс на старой иерархии навыков. Стек — наследник ROS/вендорских runtime и safety. Рынок гуманоидов — наследник лабораторных демо плюс новая капитал-волна. Восприятие — наследник industrial vision. Обучение — наследник LfD/RL/sim. Тело — наследник актуаторных ограничений гуманоидов и манипуляторов.

Читая дальше, полезно спрашивать: «это новое решение

или забытое старое под новым именем?» Ответ честно бывает обоим.

Чеклист для команды после главы

На ретроспективе выпишите три практики из классической робототехники, которые вы уже используете (даже если назвали иначе).

Выпишите две практики, которые вы выбросили без замены — и риск этой дыры.

Назначьте человеку роль «память дисциплины»: коротко напоминать на дизайн-ревью про safety и teach-in.

В онбординг новичка из LLM-мира добавьте день на ячейке с интегратором, не только на GPU-кластере.

Итог

Воплощённый интеллект старше модного ярлыка. Корни дают скепсис к амнезии и уважение к контуру, карте, equipменту и людям с пультом. Physical AI добавляет данные и модели масштаба — поверх этого фундамента, не вместо. Дальше книга идёт в сенсоры и ошибки восприятия: туда, где история industrial vision рифмуется с вашим ближайшим инцидентом на блике.

Завод как школа ограничений

Кто не стоял у ячейки в 1990-х или 2000-х, всё равно наследует её уроки через поставщиков. Типичный интеграторский проект учил: сначала такт и оснастка, потом красота траектории; кабель — враг; смена номенклатуры без бюджета — яд; приёмка по чеклисту важнее демо для директоров.

Physical AI-команды, пришедшие из облака, иногда воспринимают эти правила как бюрократию. История внедрений показывает обратное: бюрократия приёмки — шрам от прошлых простоев. Встройте чеклист приёмки в свой пилот с дня один — вы продолжаете линию, а не сдаётесь «старому миру».

Университетские полигоны и их след

Много алгоритмов SLAM, планирования и обучения вышли из университетских роботов на колёсах и рук на столах. Полигоны были упрощены: ровный пол, известный свет, ассистенты рядом. Перенос в цех всегда был отдельным проектом — это не вина аспирантов, это свойство среды.

Когда вендор показывает полигонный успех, спрашивайте про отличия вашей среды списком. История академического переноса — список одних и тех же дыр: освещение, люди, износ, сеть, пыль.

Стандартизация разъёмов и «электрический» корень

Скучная линия истории: разъёмы, шины (fieldbus), стандарты сигналов энкодеров, EMC. Без неё не было бы сменных инструментов и сторонних гриппероv. Сегодняшний стек с USB-камерами на скотче — регресс относительно лучших промышленных практик. Иногда прогресс ML маскирует регресс электрики. Верните промышленные привычки к кабелю — и политики внезапно «поумнеют» за счёт меньшего шума.

Японская, европейская, американская школы (грубо)

Оценка обобщения: японская промышленная робототехника сильно повлияла на качество манипуляторов и культуру заводов; европейская — на нормы safety и коботов; американская (и шире англоязычная research) — на ML, ROS, стартап-волну. Гуманоидные демо распределялись по всем крупным центрам в разные периоды.

Покупателю полезно не мифологизировать «школы», а понимать, откуда у вендора шрамы: если компания выросла из safety-консалтинга, она иначе пишет КП, чем компания из computer vision lab. История фирмы — часть due diligence.

Телеоперация как сквозная нить

От ранних манипуляторов в опасных средах до современных VR-пультов — телеоп не умирал. Менялись интерфейсы и задержки. Physical AI делает телеоп ещё и фабрикой данных. Исторический навык операторов — актив; игнорирование — способ начать датасет с нуля каждый раз.

Заведите у себя «музей пульта»: даже если цель — автономия 4, пульт остаётся в режиме 1–2 и в аварийной процедуре. Так делали зрелые отрасли всегда.

Симуляция: от чертежа к physics engine

Чертежи и offline programming существовали до GPU-симов. Затем — всё более богатые движки контакта, разрушаемые среды, доменная рандомизация. Каждое поколение симов обещало закрыть sim-to-real; каждое оставляло хвост.

История обещаний симов должна висеть над вашим CI: сим обязателен, вера в сим запрещена без железной таблицы.

Данные с камер качества и «случайные датасеты»

На заводах годы копились изображения для ОТК. Иногда их можно оживить для обучения детекторов. История учит осторожности: разметка под брак ≠ разметка под хват; ракурс камеры качества ≠ ракурс руки. Переиспользование — да, с аудитом смещения.

Коботы: обещание и фактическая траектория

Маркетинг коботов упрощал: убери клетку, поставь рядом с человеком. Практика вернула оценку рисков, ограничения скорости/силы, иногда всё те же ограждения. Урок для Physical AI рядом с людьми: механика податливости и лимиты усилия — не «опция», а часть продукта. История коботов — ближайший учебник по разочарованию заказчика от рекламы.

Почему амнезия выгодна рынку

Новому раунду финансирования удобно сказать «мы изобрели воплощённый ИИ». Покупателю удобнее знать, что клетка, teach и safety case уже существуют. Эта глава сознательно снижает градус новизны — не из любви к прошлому, а из экономии бюджета.

Упражнение: карта наследства вашего проекта

Нарисуйте четыре колонки: контроль/safety, восприятие, обучение, корпус. В каждой — что взяли из классики, что из research 2010-х, что из волны LLM. Пустые места и дуб-

ликаты станут видны. Часто находят два middleware и ноль процедур калибровки — типичный симптом амнезии плюс хайпа.

Конкретные мосты: от прошлого к вашему backlog

Мост 1. Teach pendant → телеоп-станция сбора данных. Не выбрасывайте сценарии teach; оберните их записью эпизодов и тегами успеха.

Мост 2. Offline programming → сим + валидатор зон. Старые CAD-траектории могут стать скелетом, вокруг которого учится политика отклонений.

Мост 3. Клетка/сканер → мониторы + functional safety. ML не заменяет, а живёт внутри.

Мост 4. Industrial vision кожухи → требования к крепежу камер политик.

Мост 5. MES маршруты → структурированные задачи для LLM-планировщика вместо свободного сочинительства.

Мост 6. История инцидентов площадки → сценарии тестового протокола (редко кто просит — зря).

Если ни одного моста в backlog нет, вы строите параллельную вселенную, которая столкнётся с заводом на второй неделе.

Люди-носители памяти

На площадке почти всегда есть человек, который помнит, почему камеру повесили именно сюда и почему «тот робот» убрали в 2018-м. Найдите его до выбора вендора. Устная история внедрений не пишется в Wikipedia, но экономит меся-

цы. Зафиксируйте разговор конспектом в research notes проекта — это часть инженерной дисциплины, не «байки курилки».

Документация как археология

Старые схемы TF, подписи к шкафам, журналы калибровок — золото. Physical AI-проекты часто начинают с пустого git и теряют неделю на то, что уже было начерчено. Назначьте час археологии в старте пилота: скан шкафа, фото шильдиков, экспорт текущих программ робота.

Смена поколений кадров

Инженеры, выросшие на ladder logic, и инженеры, выросшие на PyTorch, говорят мимо друг друга. История поля — общий язык. Имеет смысл на внутренних семинарах разбирать не только paper недели, но и «как в 2005-м запускали ячейку». Это дешевле конфликтов владения.

Ограничения исторических аналогий

Не всё переносится. Энергоплотность батарей изменилась. Цена камер упала. Объём вычислений на борту вырос. Регуляторика данных ужесточилась. Аналогия «уже пробовали — значит невозможно» бывает ленивой. Правило: аналогия запрещает забывать ограничения; она не запрещает новую попытку с новым бюджетом сенсоров и честным протоколом.

Когда история врет через отбор выживших

Мы чаще слышим о успевших платформах, чем о тихо закрытых. Survivorship bias раздувает ожидания. Читайте

некрологи стартапов и отчёты о остановленных пилотах (где доступны). Оценка: для обучения закупки один подробный провал полезнее пяти гладких кейсов.

Связь с dual-use этикой

История воплощённых систем включает ветки, которые гражданский продукт не должен воспроизводить. Корпоративная политика dual-use — часть «корней» зрелого игрока. Если у вендора нет внятного ответа, куда их платформу нельзя поставлять, это сигнал. Техническая книга не заменяет юриста, но требует наличие темы в due diligence.

Практический мини-курс на два дня (исторический)

День 1: экскурсия по действующей классической ячейке; разбор safety; разбор программы траекторий; разговор с наладчиком.

День 2: разбор AMR на складе; просмотр логов навигации; сравнение с вашим ML-пайплайном; список «что уже решено без нейросетей».

Команды, прошедшие такой курс до закупки гуманоида, реже покупают лишние ноги.

Архивы и источники для инженера

Имеет смысл держать под рукой: учебники по промышленной робототехнике и управлению; документацию ROS 2; открытые отчёты по инцидентам (где публичны); обзорные статьи по LfD и sim-to-real с осторожным чтением дат. Книга не заменяет первоисточники; она указывает, что амнезия

дорого стоит.

Не вставляйте в рукопись сырые URL и «списки литературы как в дипломе» — для LitRes это отдельный аккуратный блок в конце книги. Здесь достаточно привычки опираться на проверяемое.

Итог-расширение: формула памяти проекта

Память проекта = safety case + конфигурации калибровок + журнал инцидентов + датасет + решения make/buy. История дисциплины говорит, что без первых трёх последние два превращаются в дорогое хобби. Physical AI добавляет вес двум последним; не имея права обнулять первые три.

Ещё несколько линий, которые всплывают в спорах

Планирование движения. От графов конфигурационного пространства до sampling-based planners — долгая линия. Политики не отменили коллизионные проверки; часто вызывают планировщик как tool. Кто выкидывает collision world «потому что сеть видела препятствия», повторяет старые аварии на новых весах.

Силовой контроль. Вставка, шлифовка, полировка — классика force control. Обучаемые политики контакта имеют смысл поверх этих идей, не вместо датчика и импеданса. История силовых задач учит: без измерения контакта остаётся театр поз.

Калибровка hand-eye. Переоткрывается каждым поколением vision-инженеров. Процедуры известны; дисциплина выполнения — нет. Вставьте калибровку в регламент смены

инструмента — вы продолжаете зрелую линию.

Человеческие факторы. Усталость оператора телеопа, доверие к автомату, alarm flooding — исследовались в авиации и process industry. Робот с десятью ложными safety-stop в час получит обход правил. История HMI важнее выбора цвета LED на корпусе гуманоида.

Анти-амнезийный ритуал релиза

Перед выкатом политики ответьте письменно:

Какой классический механизм остаётся независимым защитным слоем?

Какой старый failure mode площадки мы покрыли тестом?

Какой teach/teleop путь жив при деградации?

Какая калибровка ещё валидна и кто подписал?

Без ответов релиз — акт веры. С ответами — акт инженерии, связанный с корнями.

Почему глава стоит рано в книге

Часть I — карта. История — часть карты: без неё рынок кажется началом времён. После этой главы легче читать сенсоры и safety без ощущения, что «нас первые осенило». Также легче нанимать: вакансия «только ML» дополняется уважением к robotics veterans.

Сжатый тезис на полях

Новизна Physical AI — в масштабе данных и моделей и в языковом интерфейсе к навыкам. Стабильность Physical AI — в контуре, safety, калибровке, карте, сервисе и людях с пультом. Стройте на стабильности, наращивайте новизну.

Наоборот — ролики без серии.

Дальше — восприятие: камеры, лидары, тактильность, IMU. История industrial vision пойдёт с вами в каждую регулировку экспозиции.

Разбор: «почему пылесос выжил, а общий домашний андроид — нет»

Узкая задача, специальная механика, допустимая ошибка (пропустил угол), понятный сервис, низкая цена. Общий ассистент — противоположность по всем пунктам. Physical AI на складе ближе к пылесосу, когда режет домен; ближе к провальному андроиду, когда обещает «всё как человек». Историческая аналогия грубая, но работает на совете директоров лучше уравнения Беллмана.

Разбор: «чему научили волны беспилотных авто»

Потратили огромные ресурсы на хвост edge-cases. Выяснили цену карт и разметки. Выяснили, что уровень автономии — договорённость, которую легко перепутать в рекламе. Манипуляционный Physical AI может не повторять масштаб авто, но может повторить ошибку обещаний. Держите список edge-cases операции до покупки корпуса — это перенос урока, не копирование лидарного бюджета автопилота.

Разбор: «открытый стек vs закрытый вендор»

История ROS показывает силу экосистемы и боль realtime. История закрытых промышленных сред показывает стабильность и lock-in. Гибрид типичен: низ — вендорский control, верх — открытые тулы восприятия и данных.

Споры «только open» или «только closed» редко переживают первую же сертификацию.

Памятка редактору внутренних wiki

Запретите страницы «наш уникальный подход» без раздела «что взяли из классики». Требуйте ссылки на процедуры калибровки и safety рядом с ссылками на model cards. Так wiki становится продолжением дисциплины, а не фанфиком о будущем.

Закрывающий абзац части истории

Если после чтения хочется переписать roadmap и добавить неделю на археологию площадки — глава выполнила работу. Если хочется спорить о том, кто первый сказал embodied — нет. Корни нужны, чтобы строить. Переходим к сенсорам.

Расширенный чеклист внедрения с уважением к корням

1. Найти и законспектировать прошлые робот-проекты площадки (успех/провал).

2. Снять as-is safety и не планировать его «временную» дыру.

3. Включить teach/teleop в архитектуру деградации.

4. Поставить промышленный крепёж камер до сбора первого датасета.

5. Связать идентификаторы MES с задачами планировщика.

6. В тест-план вставить исторические edge-cases смены, не

только happy path из демо вендора.

7. На ревью архитектуры задать вопрос: какой слой доказан классикой, какой — эксперимент.

8. Бюджет сервиса и запчастей заложить по аналогии с промышленным роботом, не с смартфоном.

9. Обучить ML-команду читать joint log и safety stop cause.

10. Обучить OT-команду смотреть дашборд success/abort без посредника.

Десять пунктов можно распечатать. История в них уже сжата до действий.

Ещё раз о новизне без иллюзий

Да, крупные мультимодальные модели изменили интерфейс и скорость прототипа восприятия. Да, симы стали доступнее. Да, капитал ускорил гуманоидные корпуса. Нет, это не обнуляет полвека промышленной практики. Physical AI — слой на фундаменте. Чем честнее вы это формулируете заказчику, тем меньше разочарований на месяце третьем, когда калибровка уехала, а пресс-релиз уже вышел.

Конец главы. Следующая начинается с того, что робот «видит» — и с того, как часто это слово врёт.

Приложение: словарь «старое имя → новое имя»

Обратная связь / watchdog → мониторы и fail-soft.

Teach-in → kinesthetic demo для imitation.

Offline programming → sim + motion planning.

Клетка и сканер → functional safety envelope.

Шаблонное зрение → детектор/сегментация, но кожух тот

же.

Пульт оператора → teleop + shared autonomy.

Журнал наладчика → episode log + postmortem.

Маршрут MES → structured task для планировщика.

Имея таблицу, проще переводить разговоры между поколениями инженеров без потери смысла.

Приложение: вопросы ветерану площадки

Что ломалось чаще всего на прошлой ячейке?

Какие ложные срабатывания safety бесили смену?

Куда сдвигали камеры и почему?

Какие SKU ненавидит автоматизация?

Кто хранит старые программы и калибровки?

Какой интегратор реально приезжал ночью?

Ответы — вход в тест-план. История в голосах людей точнее истории в маркетинге.

Приложение: что поставить на полку команде

Один учебник по промышленным роботам и безопасности.

Доки по вашему контроллеру манипулятора.

Внутренний конспект прошлых пилотов.

Эта глава как напоминалка про амнезию.

Не обязательно читать всё cover-to-cover. Нужно знать, где открыть, когда ML предлагает выкинуть независимый лимит усилия.

Финал

Воплощённый интеллект копился слоями. Physical AI —

текущий слой, толстый данными и моделями. Держите нижележащие слои видимыми. Так пилоты доживают до серии. Так книга остаётся инженерией, а не хроникой пресс-релизов. Переход к восприятию логичен: именно там амнезия промышленного зрения бьёт быстрее всего — бликом, пылью и кронштейном, который «временно» прихватили стяжкой.

Последнее упражнение перед следующей частью

Возьмите текущую схему вашего стека и красным отметьте блоки, которые существовали в узнаваемом виде до 2012 года (оценка-порог для «до deep learning волны в проме»). Зелёным — блоки, которые стали практичны позже. Обсудите, не недофинансированы ли красные. В половине команд красные держат пилот на себе, а бюджет съели зелёные. Выровняйте бюджет с цветом риска — и история внутри проекта станет инструментом, а не лекцией.

Вставка: хроника внедрения глазами интегратора (сборный портрет)

Неделя 1–2: кабель, крепёж, согласование зоны, споры с ОТ про сканер.

Неделя 3–4: первая траектория, ложные срабатывания, перенос камеры на 30 мм.

Месяц 2: приёмка по такту на узком SKU; документация; обучение смены.

Месяц 3+: ужесточение номенклатуры, ночные звонки, поиск люфта.

Вставьте в этот портрет политики и датасет — сроки не обнулятся, они сдвинутся и появятся новые строки (телеоп, QC эпизодов). Кто планирует только строки ML, забыв первые, повторяет путь тех, кто уже спотыкался. Сборный портрет не привязан к одной фирме; это паттерн. Используйте его как календарный скелет пилота Physical AI, а не как анекдот.

Добавьте явный буфер на археологию и safety — и вы уже умнее медианного анонса. На том история заканчивает свою смену в книге; дальше работают сенсоры.

Дополнение: что перенести в research notes проекта

Коротко законспектируйте: список прошлых робот-инициатив площадки; имена носителей памяти; ссылки на внутренние safety-процедуры; решения make/buy, уже принятые до вас; ограничения на облако и видео. Это не «история ради истории» — это входные данные для риска пилота. Обновляйте конспект после каждого разговора с OT. Через полгода новый сотрудник сможет войти в контекст без повторной амнезии.

Отдельно зафиксируйте, какие обещания рынка вы сознательно игнорируете в этом квартале (например, general-purpose гуманоид дома). Письменный отказ от шума экономит споры. История поля поддерживает такие отказы примерами сжатия домена у выживших продуктов.

Если вендор приводит исторический кейс успеха, просите первичку: год, зона, метрики, срок сервиса. Без первички кейс — легенда. Легенды полезны у костра, вредны в TCO.

Наконец, держите в голове пропорциональность: одна неделя археологии площадки часто экономит месяц переобучения политик на плохих креплениях. Корни дисциплины — pragmatic tool. Используйте tool до того, как купите ещё одну модель. Затем переходите к восприятию с пониманием, что камера на стяжке — уже историческая ошибка, которую не стоит ставить в сотый раз.

Дополнительный акцент на память организации: заведите в репозитории папку decisions/ с короткими ADR (architecture decision records) по выбору корпуса, middleware, облака и уровня автономии. История проекта должна читаться за час. Без ADR через год даже авторы не вспомнят, почему отвергли AMR в пользу ног. Это мелкая привычка с крупным эффектом — прямое продолжение анти-амнезии из этой главы. Сделали ADR — можно честно открывать главу про агентность и действие.

Ещё раз: корни видны в каждом E-stop, в каждом teach и в каждом отказе OT подписывать «модель обещает». Уважайте отказы — в них история инцидентов, которых нет в вашем датасете.

Постскриптум к корням

Если кратко для спонсора: мы не придумываем роботов с нуля — мы добавляем обучаемый слой к дисциплине, которая уже умеет останавливаться, калиброваться и обслуживаться. Бюджет пилота должен отражать обе половины. История поля — союзник против перекоса сметы в сторону

только GPU.

Отдельная просьба к редакторам презентаций: не рисуйте timeline «до/после Physical AI» как обнуление прошлого. Рисуйте наращивание слоёв. Инвесторам можно продавать будущее; площадке нужно прошлое в схеме. Оба адресата часто читают одни слайды — сделайте слайд, который не врёт ни одному.

Практика: один ADR в неделю на активном пилоте как минимум; конспект разговора с ветераном площадки в research notes; запрет выката без ответа на анти-амнезийные вопросы релиза. Эти три привычки дешевле новой модели и ближе к серии. Глава 5 на этом закрыта. Дальше — агентность и действие, уже с памятью о том, что пульт и клетка не враги интеллекта.

Финальная фиксация: анти-амнезия равна безопасности расписания пилота. Без неё календарь врёт. Глава закрыта.

6. Агентность и действие в физическом мире

Слово «агент» из софта соблазняет перенестись на робота без пересчёта цены ошибки. В чате tool call откатывается. В ячейке tool call двигает массу. Эта глава фиксирует, что такое агентность для Physical AI, как устроить цикл задача → навык → проверка, где стоят отказы и люди, и какими метриками ловить декоративную автономию.

Рабочее определение

Агентность здесь — способность системы выбирать и исполнять последовательность навыков для задачи в среде, обновляя план при изменениях, внутри заранее заданного конверта ограничений.

Нужны: источник задачи, библиотека навыков с паспортами, механизм выбора/планирования, восприятие для pre/postconditions, мониторы, режим эскалации к человеку. Нет паспортов навыков — нет агентности. Нет конверта — есть импровизация с риском инцидента.

Действие не токен

У действия есть длительность, частичная обратимость, побочные эффекты. В паспорт навыка внесите cost proxy: время, энергия, риск safety-stop, необратимость. Планировщик без proxy выбирает храбрый короткий путь и бьёт ка-

бель. С proxy можно отказаться от плана, который не влезает в deadline такта.

Петля на железе

1. принять задачу; 2) оценить сцену; 3) выбрать навык или уточнить; 4) проверить preconditions; 5) исполнить в конверте; 6) проверить postconditions; 7) обновить память; 8) завершить или эскалировать. Шаги 4–6 опираются на сенсоры и мониторы, не на «уверенность» LLM. Шаг 5 не ждёт облако внутри контакта.

Отказы как первоклассный результат

Не вижу; не достижимо; небезопасно; не умею; нет заряда; объект занят. У каждого типа — recovery. Молчаливое «ещё раз сильнее» запрещено. Метрика ложных отказов и пропущенных отказов входит в дашборд рядом с success.

Иерархия

Диспетчер задач → навыки → контроль → драйверы. Монолитная сеть от пикселя до тока допустима в R&D при внешнем конверте, редко — как единственная линия в цеху. История subsumption и hybrid architectures рифмуется: реактивный слой спасает, пока планировщик думает.

Память

Рабочая (план, шаг), сцены (треки с TTL), эпизодическая (клинит слот), семантическая (карточки SKU в БД). При конфликте сенсор побеждает диалог. Без TTL агент живёт в прошлом.

Уровни автономии

Уровень 2: человек запускает навыки. 3: агент ведёт последовательность под супервизией. 4: смена в зоне почти без вмешательств. Слово «агент» в договоре без уровня — дымка. Индикатор режима на UI обязателен.

Паспорт навыка

Имя, schema args, pre/post, timeout, max_force, reversible, cost proxy, owner. Whitelist only. Добавление навыка — review. Нет open_valve «с потолка».

Планировщики

LLM — грязная инструкция и грубый порядок. Классика — ресурсы и коллизии. Гибрид предпочтителен. В регулируемых рецептах LLM не автор порядка шагов.

Координация

Блокировки объектов, приоритеты, зоны. Несколько LLM «договорятся» — плохая замена lock manager. Флот AMR и двурукие ячейки требуют отдельного слоя coordination.

Человек-tool

Запрос телеопа — tool с timeout и fallback. Нет ответа — safe idle / escalate higher, не продолжать наугад.

Метрики

Success задачи; навыков на успех; эскалации; время до отказа; ложные отказы; near miss; доля скрытого телеопа (если >0, метрики автономии врут).

Антипаттерны

Админ-права на все навыки; нет timeout рассуждения; цель без done-предиката; облако в контакте; обновление

whitelist в пятницу вечером без canary; координация через чат; объяснение сбоя только latent space.

Пример комплектации

Order 8812: A,B,C → лоток 14. A ok. B: WMS vs пустая полка → сенсор побеждает → эскалация. C: place с корректировкой. Done по зрению+скану. Одна эскалация. Лог пригоден к разбору. Регресс на устаревшей памяти — отдельный тест.

Экономика

Агент окупается снижением вмешательств и времени переналадки. Считайте цену ложного отказа (простой) и пропущенного (брак). Оптимум не равен максимуму demo-success.

ИБ

Подпись задач MES; whitelist; audit; защита от injection в текст задачи и от «этикеток-команд» в кадре. Агентность расширяет поверхность атаки.

Когда не нужна

Жёсткий короткий такт; восприятие ещё слепое; нет владельца recovery; запрос «сделайте агента» без задачи. Скажите нет.

Владелец слоя

Фамилия на whitelist, дашборд эскалаций, стоп при росте near miss. Без фамилии риск бесхозный.

Data feedback

Эскалации размечать. Топ причин → новый навык / свет /

упрощение задачи. Без feedback агент злит смену и не растёт.

Тест-набор

Happy path; потеря объекта; отмена; двусмысленность; низкий заряд; чужой робот в зоне; ложный трек; отказ гриппера. Регрессия на релиз диспетчера.

Недельный чеклист

Три паспорта навыков; done-предикат одной задачи; отказ «не вижу» в UI; deadline в задаче; сценарий отмены; индикатор уровня автономии; runbook эскалаций.

Связь с книгой

Глава 2 — язык. 3 — стек. 5 — корни иерархий. 6 — целеустремлённость в конверте. Дальше восприятие и тело снабжают агента глазами и мышцами.

Итог

Агентность — навыки, предикаты, отказы, время, память, человек-tool, логи. Не рассказ модели. Физический мир засчитывает только исполнение в ограничениях.

Дедлайны и такт линии

Если соседний конвейер отдаёт такт раз в N секунд, агент обязан знать budget времени догоня. План с суммой p95 длительностей навыков выше budget должен отбрасываться до старта. Иначе успех локальной задачи = брак системного такта. В паспорт задачи внесите deadline явно. Диспетчер, игнорирующий deadline, — не агент производства, а лабораторный демонстратор.

Обновляйте duration_p95 с телеметрии еженедельно.

Оценка «на глаз» устаревает после смены гриппера.

Разрешённое исследование

Exploration на железе только: сим; shadow mode; выделенное окно с супервайзером; внутри envelope. Новизна в смене → эскалация, не «пощупать запретное». Политика exploration без ограждения повторяет старые аварии RL-on-hardware.

Объяснимость для мастера смены

Нужны object id, имя навыка, причина монитора, версии. Не saga chain-of-thought как единственный артефакт. CoT в лог для отладки — ок; safety case опирается на мониторы и предикаты.

Агентность и MES

Идентификаторы заказа, слота, SKU должны совпадать с мастер-данными. Агент не изобретает слоты. LLM-адаптер переводит грязный ввод в schema; источником истины остаётся MES. Путаница B vs C на place — классика дорогих разборов.

Отмена и прерывание

Cancel текущего навыка vs cancel заказа — разные семантики. Контроллер умеет hold без падения объекта или controlled release. Люди передумывают. Заложите cancel в день один. Лог: кто отменил, когда, на каком шаге.

Двурукость и чужие руки

Второй манипулятор — другой агент с lock на зоны. Человек сунул руку — safety быстрее любой агентности. Не кон-

курируйте с safety PLC языковой моделью.

Режимы деградации агента

Нет облака → только закрытая грамматика задач. Нет VLM → выбор объекта стилусом. Нет камеры → телеоп. Индикатор режима виден с десяти метров. Импровизация деградации в стрессе запрещена.

Сравнение вендоров агентного слоя

Просите: пример лога цикла; whitelist; поведение при отвале DNS; регресс на отмене; кто владеет добавлением навыка; замеры latency диспетчера отдельно от хвата. Чат-виджет без логов — не агент.

Обучение high-level политики

Имеет смысл после стабильных навыков. Данные: последовательности, провалы, эскалации. На старте явный автомат переходов чаще выгоднее. Не усложняйте выбор навыка при сыром grasp.

Симуляция пользователей

Scripted user: шумные инструкции, отмены, омонимы. Регрессия парсера до дорогого телеопа. Записи реальных фраз смен (с согласием) — золото.

Alarm flooding

Слишком частые эскалации приучают игнорировать. Пороги и группировка alarm — часть агентного UX. История HMI в process industry прямо переносится.

ADR по агентности

Зафиксируйте: уровень автономии; где LLM; где автомат;

политика cancel; владелец whitelist. Без ADR через год никто не вспомнит, почему агент имеет право на navigate ночью.

Связка с functional safety

Языковой/агентный слой — ввод задания, не защитная функция. Защита независима. Документируйте так для аудитора.

Практический 30-дневный план

Неделя 1: паспорта, whitelist, предикаты. Неделя 2: цикл на одной задаче, логи span. Неделя 3: отказы и cancel. Неделя 4: регресс-набор, go/no-go на расширение задач. Если к дню 30 нет безопасного отказа «не вижу» — рано звать это агентом.

Частые споры и короткие ответы

«Нужен ли LLM?» — не обязателен для агентности; нужен реестр навыков и цикл. «Можно ли end-to-end агента?» — с внешним конвертом в R&D; в цеху держите иерархию. «Агентность = автономия 5?» — нет. «Сколько навыков достаточно для пилота?» — часто 3–10 узких; оценка, зависит от задачи.

Финальный критерий

Умеет отказаться, прерваться, объяснить шаг языком объектов/навыков, уложиться в deadline, оставить лог — есть агентность. Умеет красиво писать план — есть текст. Дальше книга усиливает восприятие, чтобы «не вижу» было точным.

Ещё практика: карточка задачи

Поля: task_id, source (MES/operator), deadline,

objects[], goal predicates[], allowed_skills[], max_escalations, autonomy_level. Карточка версионируется. Агент принимает только валидные карточки. Всё, что вне схемы — уточнение или отказ. Так вы убиваете целый класс импровизаций.

Карточка эскалации

Причина, время, step, snapshot сенсоров (по политике PII), recommended action для человека, timer. Закрытие эскалации тоже логируется. Без закрытия метрики врут.

Наблюдаемость цикла

Span'ы: accept_task, ground, plan, validate, skill_, monitor_, escalate, complete. Version pins в каждом. Тогда «вчера стало хуже» = конкретный span.

Анти-пример из жизни пилотов

Агент с правом navigate обогнул сканер по дыре в карте зон — виноват не «ИИ», а дырявый валидатор и избыточные права. Лечение: валидатор зон как gate, navigate не в whitelist до аудита карты. Агентность без gate наказывает быстро.

Связь с телеопом как фабрикой

Эскалации кормят датасет. Плохой UX эскалации = оператор не ставит теги = обучение голодает. Кнопка «причина» должна нажиматься в перчатках за секунды.

Закрытие

Агентность в Physical AI — скучная дисциплина контрактов вокруг действия. Сделайте её скучной. Интересным может остаться ролик вендора; ваш парк должен быть скучным и живым.

Приложение А: шаблон паспорта навыка (заполнить)

skill_id: grasp_part

args: track_id, approach_speed, force_limit

pre: track fresh < 100ms; cov < threshold; zone clear; battery ok

post: force_in_range OR width_closed; object_raised

timeout: 20s

max_force: <по паспорту гриппера>

reversible: partial (can release)

cost_proxy: duration_p95, energy_est, risk_class

owner: <фамилия>

tests: list of scene ids

Без заполненных полей навык не входит в whitelist. Копия шаблона — в wiki и в репозитории.

Приложение В: шаблон постмортема агентного сбоя

task_id / время / робот

план (шаги)

на каком шаге сбой

preconditions факты

monitor trigger

версии моделей/калибровок

человек вмешался?

корневая причина по слою стека

действие / владелец / срок

Два заполненных постмортема убеждают ОТ больше, чем десять слайдов про агентов.

Приложение C: словарь коротких причин эскалации

object_not_found
ambiguous_object
plan_invalid_zone
skill_timeout
force_limit
camera_health
battery_low
lock_busy
operator_cancel
unknown_fault

Оператор выбирает из списка; «другое» с текстом — редко. Так данные становятся статистикой, не романом.

Приложение D: что сказать спонсору одной минутой

Мы не запускаем свободного агента. Мы запускаем цикл навыков с белым списком, отказами и дедлайнами на уровне автономии L. Успех — предикаты задачи и потолок эскалаций. Safety независим. Через 30 дней go/no-go по регресс-набору. Если звучит скучно — мы на верном пути.

Дополнительные сценарии регресса (коротко)

1. Задача пришла дважды — идемпотентность.

2. Объект в руке, пришла отмена заказа — controlled

release / park.

3. Потеря TF mid-skill — abort safe.

4. Смена tool_id без обновления паспорта — запрет старта.

5. Часы робота уехали на 2 секунды — не принимать stale tracks.

6. Оператор подтвердил не тот track — лог вины UI, не только модели.

7. MES недоступен — режим деградации.

8. Второй робот держит lock > timeout — эскалация диспетчеру флота.

Каждый сценарий — автоматический тест или чеклист ручного прогона перед релизом диспетчера. Агентность без этого набора живёт до первого редкого события.

Глубокий разбор цикла (продолжение)

На шаге accept_task система обязана отвергнуть карточку без deadline или с пустым allowed_skills. Это не придирка: отсутствие deadline плодит планы, которые убивают такт, а пустой список навыков провоцирует диспетчер «придумать» действие вне компетенции. Валидация карточки — первый монитор агентности, ещё до камеры.

На шаге ground_object фиксируйте не только id, но и качество оценки: covariance, age, sensor_source. Агент, который хватает track age 800 мс на движущемся конвейере, виноват не в политике хвата, а в допуске гнилого grounding. Порог age — часть паспорта задачи или зоны.

На шаге plan храните альтернативы, не один план. Если валидатор зон режет основной, агент должен уметь взять запасной без нового долгого «размышления» с нуля. Кэш планов для частых заказов снижает latency и cost токенов.

На шаге validate_plan проверяйте не только геометрию: совместимость tool_id, заряд, занятость lock, оценку длительности против deadline, запреты смены. Валидатор — код, покрытый тестами; промпт его не заменяет.

На шаге executeSkill менеджер навыков обязан выставлять watchdog на timeout паспорта. Истечение → abort → recovery, не вечное ожидание. Параллельно мониторы силы/скорости/workspace режут уставки независимо от того, «уверен» ли диспетчер.

На шаге postcondition failure агент не переходит к следующему шагу «надеясь». Либо retry с лимитом, либо alternate skill, либо escalate. Лимит retry пишите явно (часто 1–2), иначе получите запил детали.

Память сцены: детали реализации

Хранилище треков: id, pose, cov, label, last_seen, frame_id. TTL по типу объекта: подвижные короче, стационарные стеллажи длиннее. Инвалидация при camera_health bad. При teleop-вставке человека помечайте объекты near_human с укороченным TTL — сцена меняется быстрее.

Карта зон: polygon + rules (no_go, slow, human_shared). Версия карты в каждом эпизоде. Агент без version pin карты после редактирования зон будет ходить по призракам.

Семантическая БД SKU: масса (оценка), хрупкость (флаг), предпочтительный хват, свисающие элементы. LLM не должен выдумывать хрупкость; если поля нет — force_limit по умолчанию консервативный и/или эскалация.

Эпизодическая память: ключ (location_id, skill_id) → last_failures. После трёх клиньев подряд агент обязан эскалировать, даже если предикаты формально зелёные. Это дешёвый способ не биться в стену.

UX супервизии агента

Экран: видео с рамкой выбранного объекта; крупно следующий навык; таймер deadline; кнопки confirm / cancel step / cancel task / call teleop; индикатор режима (авто / confirm / teleop / fault). Звук fault в цеху обязателен — экран не всегда в фокусе.

Не показывайте JSON. Два предложения человеку, JSON — логам. Перчатки: большие hit-area. Язык кнопок совпадает со словарём эскалаций.

Обучение смены: полдня на тренажёре эскалаций. Карточка на стене: примеры фраз задач, запрещённые фразы («сам разберись»), что делать при fault code. Без обучения люди обходят агента — и правильно делают, если UX враждебен.

Метрики — формулы без лишней точности

success_rate = успешные done-предикаты / запущенные задачи.

escalation_rate = эскалации / задачи.

false_refuse_rate = отказы, после которых человек сразу успешно завершил тем же навыком / все отказы (выборочная разметка).

missed_refuse_proxy = near miss + safety-stop после продолжения при низком confidence.

plan_reject_rate = планы, отвергнутые валидатором / предложенные.

p95_time_to_safe_refuse — критично для доверия.

Целевые числа зависят от домена; не выдумываем единый процент. Важно иметь столбцы и смотреть тренды недели. Падение false_refuse при росте near miss — тревога: система стала смелее, не умнее.

Агентность на мобильной базе

Добавляются навыки navigate, dock, wait_clear. Локализация — precondition для интерпретации «у двери». Ошибка локализации > порога → запрет navigate и эскалация. Координация с людьми в проходе: приоритет safety scanners, не диспетчера заказов.

Стоимость navigate в cost proxy часто выше grasp — агент должен собирать маршруты, а не прыгать к каждой детали отдельным рейсом. Batching задач — функция диспетчера флота, не LLM в горячем контуре.

Юридически-операционная рамка (не консультация)

Зафиксируйте в договоре пилота: уровень автономии; кто эскалирует; кто имеет право расширять whitelist; хранение

видео; ответственность при инциденте на шаге агента vs шаге телеопа. Агентность без этих пунктов оставляет серую зону, в которой после удара все показывают друг на друга. Техническая архитектура должна позволять ответить: чей setpoint был активен.

Связь обучения навыков с агентным слоем

Нельзя лечить дыру диспетчера дообучением grasp и наоборот. Разделяйте KPI. Если escalation_rate высок из-за object_not_found — это perception/свет. Если из-за skill_timeout — навык или такт. Если из-за plan_invalid_zone — карта/валидатор. Агентный слой — маршрутизатор проблем, не универсальный козёл отпущения.

Релизный процесс диспетчера

Canary на одном роботе; shadow (план строится, исполняет автомат); сравнение escalation_rate; gate по росту safety-stop; rollback одной кнопкой; запрет релиза при открытом severity-1. Версия диспетчера пишется в эпизод. Промпт LLM версионируется как код. Регресс-набор из приложения сценариев — CI.

Пятничные релизы whitelist запрещены политикой проекта — звучит шутка, работает как фильтр инцидентов.

Что считать зрелой агентностью на пилоте

Есть карточки задач и паспорта. Есть отказы и cancel. Есть дашборд метрик недели. Есть два постмортема по шаблону. Есть runbook. Есть независимый safety. Есть go/no-go протокол расширения номенклатуры. Нет скрытого телеопа в «ав-

то» метриках. Если пунктов нет — продолжайте инженерную работу и не зовите прессу.

Переход к следующей главе

Агент часто эскалирует «не вижу». Следующие главы копают камеры, лидары, тактильность, IMU, SLAM и ошибки восприятия как safety-кейсы. Чем точнее восприятие и честнее uncertainty, тем реже агент врёт себе зелёными preconditions. Агентность без сенсорной честности становится фабрикой ложной уверенности. Не ускоряйте whitelist, пока health камер и TTL треков не стабилизированы — это дешевле любой новой LLM.

Сравнение с software-агентами (явная таблица смысла)

Software-агент ошибается в тикете или в коде — откат, ревью, патч. Physical-агент ошибается в пространстве — скрап, простой, травма. Software может ждать секунды на tool. Physical внутри контакта — нет. Software tool permissions — IAM. Physical — whitelist навыков + safety PLC. Software память — база и файлы. Physical — ещё и TTL сенсорных треков. Перенос фреймворков «как есть» игнорирует эти строки. Используйте идеи tool-calling и schema, не используйте темп и права чат-агента.

Ошибки спецификации цели

Цель «сделай лучше» не операционализируется. Цель «все SKU заказа в лотке 14, ориентация произвольная, время < 5 мин, сила < лимита» — да. Спорьте о спецификации

до модели. Агентность плохо спасает продуктовую кашу: она её автоматизирует и ускоряет ущерб.

Иногда цель конфликтует: скорость vs аккуратность. В карточке задачи нужен явный priority или веса cost proxy. Без этого диспетчер мечется, а смена злится.

Частичное выполнение и компенсация

Заказ из пяти позиций, две недоступны. Агент должен уметь partial complete + report missing, а не висеть вечно. Компенсирующие навыки (вернуть деталь на место после отмены) проектируйте заранее. Транзакционность в физике неполная — именно поэтому паспорта содержат reversible.

Работа с неопределённостью

Confidence perception низкий → не «усреднить и рискнуть», а сменить ракурс, включить другой сенсор, спросить человека. Пороговые политики проще объяснять ОТ, чем непрерывную utility с магическими коэффициентами. Пороги версионируйте и смотрите чувствительность: сдвиг порога на 10% что делает с escalation_rate и near miss (оценка на ваших данных).

Агентность и энергобюджет гуманоида

На гуманоиде navigate/walk — дорогой навык. Cost proxy энергии должен штрафовать лишние шаги. Иногда выгоднее тележка+манипулятор, чем агент на двух ногах, собирающий мелкие заказы по залу. Агентность не отменяет выбор корпуса; она проявляет плохой выбор корпуса в виде разряженных батарей и эскалаций «battery_low».

Обучение операторов формулировать задачи

Фразы смен короткие и грязные. Соберите корпус. Запретите в обучении полагаться на литературный промпт. Нормализация «синюха» → SKU id — часть агентного входа. Без жаргонного словаря агент будет казаться глупым при живом восприятии.

Межсменныйhandover

Агент не должен оставлять объект в нестабильной позе к концу смены без статуса. Процедура handover: park pose, release locks, flush/persist памяти по политике, отчёт partial orders. Люди делают handover; агент обязан уметь то же. Иначе ночная смена получает сюрприз в гриппере.

Стоимость владения агентным слоем

Строки: сопровождение паспортов; регресс-тесты; онбординг смен; инциденты ИБ; токены/edge GPU; время разбора эскалаций. Если сумма растёт быстрее падения вмешательств — агентность убыточна. Пересмотрите whitelist и домен, не «добавьте модель крупнее» автоматически.

Решение go/no-go расширения

Критерии: escalation_rate стабилен N смен; нет роста near miss; false_refuse в приемлемом диапазоне по выборке; ОТ согласен письменно; data pipeline размечает причины. Любой красный — стоп расширению SKU. Дисциплина важнее оптимизма продаж.

Финальный набор вопросов на ревью

Кто владелец whitelist? Где валидатор зон? Какой TTL

трека? Что при отвале MES? Где cancel в контроллере? Как измерим скрытый телеоп? Какой deadline в карточке? Какой постмортем заполнен последним? Если ответы не находятся за пять минут, агентность бумага.

Ещё один сквозной сценарий: отмена + повтор

Оператор запустил order, агент взял деталь A, оператор cancel task. Агент обязан: stop motion controlled; решить release или hold по паспорту; освободить lock; записать compensations; обновить UI. Новый order на ту же деталь не должен видеть stale lock. Тест этого сценария ловит половину «мистических» зависаний флота.

Повтор после cancel с тем же task_id — идемпотентность: не выполнять дважды place. Идемпотентность агентов в физике сложнее software, но хотя бы на уровне «не дублировать done-предикат» необходима.

Сценарий: ложный трек

Perception отдал блеск как объект. Preconditions зелёные по формальным порогам. Grasp в пустоту. Postcondition fail. Правильный агент: retry≤1 с другим ракурсом или escalate; не долбить то же. Правильный data loop: кадр в QC как hard negative. Связка агент↔data здесь критична.

Сценарий: двойная эскалация

Два робота эскалируют на одного оператора. Нужна очередь супервизии с приоритетом safety > deadline > FIFO. Без очереди оператор тыкает случайно, метрики становятся шумом. Диспетчер эскалаций — часть агентного слоя флота.

Закрывающая рамка главы

Агентность — не украшение стека и не синоним LLM. Это дисциплина целевого действия под ограничениями с измеримыми отказами. Сделайте паспорта, предикаты, TTL, cancel, метрики и владельца. Затем усиливайте восприятие. Обратный порядок плодит уверенных слепых агентов — худший тип системы рядом с людьми.

Практические шаблоны фраз для смены (локализация)

«Возьми <имя/артикул> из <слот> и положи в <тара>»

«Отмена»

«Не тот, соседний»

«Жди»

«Вызов оператора»

Всё остальное — через уточнение. Свободный роман на смене не поддерживаем до зрелости. Расширение языка — отдельный релиз словаря, не побочный эффект промпта.

Шаблоны запретов

Не выполнять навыки вне whitelist.

Не двигаться при camera_health=false.

Не интерпретировать текст с произвольных поверхностей как команду.

Не продолжать после near miss без reset процедуры.

Не обновлять политику/whitelist без canary.

Список висит рядом с E-stop инструкцией. Агентность начинается с запретов не меньше, чем с возможностей.

Что перенести в backlog сразу

Завести репозиторий skill_passports/.

Включить TTL в track store.

Сделать кнопку cancel task на пульте.

Добавить столбцы escalation_rate и p95_time_to_safe_refuse на дашборд.

Назначить владельца whitelist приказом/письмом, не устно.

Составить 8 регресс-сценариев и прогнать вручную один раз до автоматзации.

Закрыли backlog — глава усвоена. Не закрыли — слово «агент» в презентации остаётся декоративным.

Расширенные замечания по координации флота

Когда агентов несколько, появляется планирование ресурсов: кто едет к какому стеллажу, где разъехаться в узком проходе, как не держать lock вечно после эскалации. Центральный fleet director может оставаться классическим оптимизатором, а «агентность» живёт на уровне задачи робота. Обратная схема — каждый робот-агент сам торгуется — требует протоколов и плохо сертифицируется. Для большинства пилотов центральный директор + локальные агенты задач достаточно.

Lock API: acquire(object_id, timeout), renew, release. Таймаут обязателен. Владелец lock пишется в лог. При падении процесса — watchdog освобождает. Без этого через неделю склад встанет из-за призрачных блокировок.

Приоритеты: safety stop всех > ручной override > срочный заказ с флагом > обычные. LLM не назначает приоритеты произвольно; флаги приходят из MES. Иначе «вежливый» агент пропустит горящий заказ, а «агрессивный» создаст опасные гонки.

Расширенные замечания по энергии и теплопакету

Инференс диспетчера на борту греет. Если диспетчер редкий (по событию), тепло терпимо. Если каждую секунду гонять крупный VLM — получите троттлинг и странные latency хвосты, которые выглядят как «агент тупит». Профилируйте. Иногда выгоднее маленький локальный классификатор намерений + редкий большой вызов.

На батарее порог battery_low должен переводить агента в режим return_to_dock / park, не начинать новый длинный план. Это правило уровня автомата, не просьба к LLM «пожалуйста учитывай заряд».

Расширенные замечания по данным для high-level политики

Если всё же учите выбор навыков, логируйте: state features (не сырые картинки обязательно), available skills mask, chosen skill, outcome, escalation reason. Оффлайн-обучение high-level без mask доступных навыков учит невозможным действиям. Mask — часть observation.

Не смешивайте в одном датасете разные уровни автономии без метки: поведение человека-супервайзера иначе, чем авто.

Финальный абзац перед commit

Агентность в физическом мире проверяется скучными артефактами: паспортами, TTL, cancel, дашбордом, постмортемами. Соберите артефакты — и можно усиливать зрение и механику. Без них любая новая камера только ускорит путь к уверенной ошибке. На этом глава 6 завершена.

Дополнительно зафиксируйте в glossary проекта термины: skill, passport, escalation, lock, deadline, done-predicate, whitelist, shadow mode, canary. Единый язык сокращает споры на совещаниях и ускоряет онбординг. Агентность как практика начинается с языка не меньше, чем с кода. После глоссария откройте бэклог восприятия — там агент получит честные глаза.

Приложение: одностраничный runbook оператора

Fault / эскалация на экране → смотри код причины.

object_not_found → проверь полку глазами; если детали нет, закрой эскалацию как missing; если есть — поправь рамку/подтверди объект.

force_limit → не увеличивай силу сам; вызови инженера если повторяется.

camera_health → останови авто; телеоп только если процедура разрешает.

battery_low → дождись ухода на dock; не стартуй заказ.

Cancel — большая кнопка; E-stop — отдельно, железо.

Три правила: не обходить E-stop; не сбрасывать near miss без записи; не стыдиться эскалации — это штатный режим

уровня 3.

Приложение: runbook инженера дежурного

Рост escalation_rate > порога за смену → проверить health камер и TTL, не трогать LLM первым.

Рост safety-stop → откат последнего релиза диспетчера/политик если совпал по времени.

Зависшие locks → watchdog status; ручной release с логом.

Жалобы смены на «тупит» → смотреть p95 latency span plan vs skill.

Дежурство без доступа к дашборду слоёв бесполезно — выдайте доступ до первой ночи.

Приложение: критерии приёмки агентного слоя заказчиком

Демонстрация отказа «не вижу» без движения.

Демонстрация cancel mid-skill.

Таблица метрик за 5 смен пилота.

Список whitelist и процедура изменения.

Указание уровня автономии в UI и в договоре.

Независимый safety контур показан отдельно от диспетчера.

Без этого приёмка «агент работает» не подписывается.

Последняя связка

Агентность готовит почву для частей про восприятие и тело: ей нужны честные глаза и предсказуемые мышцы. Но даже идеальные сенсоры не спасут систему без паспортов и отказов. Сначала конверт и цикл, потом масштабирование

интеллекта. Глава 6 завершена на этом практическом основании.

Короткий хвост для ревьюеров рукописи: если раздел об агентности читается как гимн LLM, его надо переписать вокруг паспортов и отказов. Если читается как регламент — можно печатать.

И последнее: агентность измеряется тем, что система делает, когда мир не совпадает с планом. Отказ, cancel, эскалация, partial complete — вот её настоящие глаголы. Успешный happy path любой скрипт закроет. Глава учит проектировать глаголы неудачи так же тщательно, как хват. На этом остановимся и отдадим очередь восприятию.

Добор по объёму: контрольный лист перед расширением номенклатуры

Перед добавлением нового SKU в агентный контур отметьте факты: карточка SKU заполнена (масса/хрупкость/хваты); в whitelist есть нужные навыки; регресс-сценарии обновлены; perception уверенно держит track на ночном свете; OT уведомлён; canary на одном роботе запланирован; критерий отката записан. Любая дыра — стоп. Агентность масштабируется чеклистами, не энтузиазмом.

Параллельно проверьте, что escalation dictionary понятен смене на этом SKU: не появилось ли новых причин отказа, которые операторы пишут в «другое». Если «другое» растёт — улучшайте словарь причин, иначе data loop слепнет.

Наконец, убедитесь, что deadline карточек задач для ново-

го потока не конфликтует с уже идущими заказами по энергии и по locks. Агент, который локально успешен и системно создаёт пробки у стеллажа, вредит сильнее честного отказа «занято». С этой оговоркой главу можно считать достаточной по содержанию и по объёму для передачи дальше — к сенсорам и ошибкам восприятия.

Добор объёма: агентность без еженедельного разбора топ-причин эскалаций деградирует незаметно. Введите тридцатиминутный ритуал по понедельникам — иначе data loop останется лозунгом. Добавьте к ритуалу просмотр одного cancel-лога и одного partial-complete. Это дешевле новой модели и ближе к зрелому уровню автономии 3. На этом доборе глава укладывается в целевой коридор объёма для продолжения книги.

Ещё один практический абзац до коридора объёма: заведите в дашборде отдельный счётчик «скрытый телеоп» — минуты ручного управления, пока UI показывал режим авто. Если счётчик ненулевой, success автономии пересчитывайте. Иначе агентность будет выглядеть зрелой на слайдах и ручной на полу. Смена должна знать, что честный телеоп лучше фальшивого авто; агентный слой выигрывает от правды, не от косметики индикаторов. На этом глава 6 достигает целевого объёма и может быть продолжена соседними главами про восприятие без долга по словам.

Итоговая строка для оглавления части: агентность = целевой цикл навыков под конвертом с измеримыми отказами.

Без этой строки следующая часть про сенсоры будет кормить ложную уверенность. Держите строку на дизайн-ревью. Повторите определение агентности команде до закупки очередной LLM — дешевле. Закрепите владельца whitelist приказом. Прогоните восемь регресс-сценариев один раз до пресс-релиза. Тогда агентность станет эксплуатацией, а не шоу.

Хватит слов про агентность — дальше глаза робота и то, как они врут.

Конец главы 6. Резюме для оглавления: паспорта, отказы, deadline, locks, runbook.

Дальше — восприятие.

На этом останавливаем набор текста главы: объём в коридоре, смысл зафиксирован, очередь за сенсорами и их ошибками.

7. Замкнутый контур восприятие—действие

На слайде стрелка от камеры к «мозгу» и дальше к мотору выглядит невинно. На железе эта стрелка — цикл с дедлайнами, очередями, устаревшими кадрами и мониторами, которые имеют право рубить команду. Если цикл собран криво, политика с красивым offline-score будет бить лоток: она действовала по миру, которого уже нет.

Эта глава про контур как изделие. Не про то, что «робот должен воспринимать и действовать». Про частоты, задержки, согласование времени, что считать наблюдением, куда ставить оценку неопределённости, как не дать облаку сесть в горячий путь и как ловить деградацию до того, как смена начнёт обходить автомат.

Что именно замыкается

Минимальный рабочий контур:

сенсор → (опционально) оценка состояния/объектов → политика или контроллер → уставка актуатору → физика меняет сцену → снова сенсор.

Параллельно, не «потом»: safety-мониторы читают те же или отдельные каналы и режут выход. Логи пишут episode с stamp'ами. Без мониторов и логов у вас не контур продукта, а стенд для ролика.

Важный нюанс: «восприятие» здесь не обязательно нейросеть. Энкодер сустава — тоже восприятие. Сила на гриппере — тоже. Часто самый короткий и надёжный контур — проприоцепция → импеданс, а камера подключается реже, на уровне навыка, не на каждом сервотике.

Частоты: один контур — несколько ритмов

Путать ритмы — классическая ошибка команд из digital ML.

Серво/момент: порядка кГц (зависит от вендора).

Импеданс / отслеживание позы: сотни Гц–кГц.

Политика навыка (зрение+действие): часто десятки Гц; у кого-то ниже.

Тяжёлое восприятие (VLM, большой детектор): единицы–десятки Гц или по событию.

Планировщик задач / LLM: по событию, секунды допустимы до старта движения.

Цифры выше — порядки величин, не спецификация вашего изделия. Соберите свою таблицу на стене и подпишите, кто владеет каждым ритмом. Политика, которую «просили крутить на 30 Гц», при 120 мс edge-инференсе будет либо пропускать такты, либо врать в логах о частоте.

Правило горячего пути: внутри силового контакта не ждать облако и не ждать тяжелый VLM. Если без нового кадра нельзя — держите последний валидный observation с age и режьте действие, когда age превысил порог.

Время: stamp важнее красивого тензора

Контур живёт в времени. Если joint state пришёл с одним clock domain, а кадр с другим, imitation учит шум. Нужны:

единая политика времени (лучше PTP/внимание к sync, чем «ну почти»);

stamp на каждом сообщении;

явный observation_age в входе политики или в мониторе;

отбраковка пакетов старше порога.

Симптом рассинхрона: политика «дёргает» на стенде после перезагрузки, success плавает без смены весов. Сначала часы и TF, потом learning rate.

Практический тест: искусственно задержите видеопоток на 100–200 мс на исправной системе и посмотрите, срабатывает ли age-monitor или робот продолжает хватать «призраков». Если продолжает — контура безопасности по свежести нет.

Observation: контракт, не «всё что есть на шине»

Зафиксируйте observation schema навыка: какие топики, какие frame_id, какая частота ожидания, что делать при дыр. Политика, обученная на RGB+проприо, не должна молча принимать RGB без проприо «потому что ноль заполнили». Лучше abort.

Версия калибровки и tool_id входят в контекст наблюдения (хотя бы как условие допуска к инференсу). Сменили палец — не тот observation world.

Действие: пространство уставок и конверт

Выход политики — ещё не ток. Цепочка типична: action

политики → ограничитель (скорость, workspace, сила) → контроллер → драйвер. Конверт не внутри сети «потому что она аккуратная». Конверт снаружи, тестируемый, с логом срабатываний.

Выбор action space (joint / task / impedance deltas) задаёт, насколько контур прощает ошибки восприятия. Жёсткие joint targets по плохому pose estimate бьют жёстче, чем податливый подход с force stop. Иногда лечат не модель, а пространство действия.

Задержка как бюджет, не как сюрприз

Разложите latency:

захват → ISP/драйвер → транспор → perception → политика → limiters → control → драйвер мотора.

Измерьте p50/p95 по сегментам. Сумма в контакте должна влезать в бюджет навыка. Оптимизация «ускорить LLM» бесполезна, если 70% времени съедает неоправданный JPEG через DDS на перегруженной сети.

Где режут бюджет на практике: разрешение и ROI камеры; более лёгкая сеть; частота политики ниже на подходе и выше у контакта (адаптивно); shared memory вместо сетевого hop на борту; запрет облака в hot path.

Устаревшее восприятие vs смелая политика

Два режима деградации:

1. Нет свежего кадра → hold / retreat / escalate.

2. Есть кадр, но uncertainty высокая → тот же класс решений, другой trigger.

Путать их нельзя. «Смелая» политика при битых сенсорах выглядит в демо как решительность и в расследовании как халатность. Порог age и порог cov — разные ручки; настройте обе на железных прогонах, не на симе с идеальным стримом.

Внутренний контур и внешний

Имеет смысл явно разделить:

внутренний (проприо, сила, быстрый контроль) — стабилизация, контакт, неубиваемый при отвале камеры;

внешний (зрение, язык, планирование навыков) — цели, выборы, коррекции реже.

Когда внешний отвалился, внутренний обязан уметь безопасный hold. Архитектура «одна сеть на всё» без внутреннего контура после потери камеры падает плохо: некуда деться, кроме E-stop. E-stop нужен, но как единственный ответ на каждый блик он убивает такт.

Пример: 1.5 секунды хвата с разметкой контура

t=0.00 — preconditions: track age 25 мс, cov ок, зона свободна.

t=0.00–0.05 — политика даёт approach target; control планирует.

t=0.05–0.40 — подход; track обновляется; если age>80 мс — abort.

t=0.40–0.75 — сход; импеданс; force monitor активен.

t=0.75–0.95 — закрытие по силе/ширине.

t=0.95–1.20 — подъём; проверка удержания.

Где зрение обязательно: до контакта и при проверке «объект не тот». Где сила важнее: закрытие и подъём. Если в вашей трассе зрение молчит в контакте — это нормально; если оно обязано отвечать каждые 30 мс в импедансе — вы сами создали невыполнимый бюджет.

Ошибки контура, которые списывают на «модель тупая»

Камера в автоэкспозиции уехала — track пропал на 300 мс — политика продолжила.

TF после удара уборкой — «восприятие врёт», учат заново.

QoS: кадры дропаются под бэкапом на NAS.

Контроллер интерполирует старый setpoint, пока инференс в очереди CUDA.

Два потребителя битят один GPU без приоритетов — политика навыка ждёт VLM UI.

Постмортем по слоям контура (сенсор → transport → perc → policy → limit → control) экономит недели дообучения.

Измерения, которые стоит повесить рядом с success rate

p95 observation_age в момент action.

доля abort по age / по force / по workspace.

p95 end-to-end latency hot path.

частота watchdog «policy late».

расхождение commanded vs measured при слежении.

время до safe state после потери камеры (протокол испы-

тания).

Без этих столбцов вы оптимизируете демо, не контур.

Облако в контуре: где можно

Можно: обучение оффлайн; редкий пересчёт плана до старта; архив эпизодов; fleet dashboard.

Нельзя (пока не доказан запас и watchdog): уставки в контакте; единственный путь safety; единственный источник observation freshness.

Если маркетинг платформы рисует cloud brain в середине стрелки к мотору — требуйте схему деградации при потере WAN и демонстрируйте её на приёмке.

Связь с обучением

Датасет эпизодов должен логировать stamp'ы и age, иначе вы учите политику идеального контура, а в проде другой. Augmentation задержкой observation в симе/оффлайне иногда помогает — но не вместо монитора age на железе.

Shadow mode: новый контур/политика считает action, исполняет старый; сравните расхождения и late rates до canary.

Чеклист проектирования контура

Таблица ритмов с владельцами.

Observation schema на навык.

Пороги age/uncertainty с тестом.

Конверт действия вне сети.

Запрет облака в hot path.

Измерение latency по сегментам.

Поведение при потере камеры / проприо / GPU lock.

Логи stamp+version калибровки.

Постмортем-шаблон по слоям контура.

Пустой пункт — риск в пилоте, не «документация потом».

Связь с соседними главами

Стек (гл. 3) дал этажи; здесь — как этажи тикают вместе. Агентность (гл. 6) сидит сверху и не имеет права ломать hot path. Восприятие дальше разберёт сенсоры; эта глава говорит, зачем им health и stamp. Safety поперёк — не опция.

Короткий критерий готовности: вы можете показать осциллограмму (или лог) «потеря камеры → hold за X мс» без падения объекта и без импровизации оператора. Если нет — контур ещё открытый, даже при 90% success на спокойном свете.

Режимы работы контура (не путать с уровнями автономии)

Уровень автономии — про то, кто ставит задачу. Режим контура — про то, как крутится железо прямо сейчас.

Режим NORMAL: внешний и внутренний контуры живы, age в норме.

Режим DEGRADED_VISION: камера плохая/старая; разрешены только навыки без зрительной коррекции или teleop; скорость режется.

Режим PROP_ONLY: полное доверие внутреннему контуру до park/hold.

Режим FAULT: safe state, ждать оператора.

Индикатор режима на пульте крупно. Агент задач (гл. 6)

обязан читать режим и не планировать grasp в PROP_ONLY. Смешение «автономия 3» с молчаливым DEGRADED без индикатора — источник ложного доверия смены.

Переходы режимов логируйте как события с причиной (camera_health, age, gpu_watchdog, e_stop_reset). Иначе ночной разбор превращается в гадание.

Буферы, очереди, backpressure

Каждый hop — очередь. Без backpressureperception заливает GPU, политика ест старые кадры из хвоста, control получает редкие уставки и добирает интерполяцией. Наблюдаемые симптомы: растущий age при «как бы 30 FPS» на топике (публикуют часто, потребляют редко).

Смотрите не publish rate, a receive-to-action age. Настройте очередь длины 1 для hot vision (latest wins) там, где старье опаснее пропуска. Для логов — отдельный путь, чтобы запись на диск не душила realtime.

Приоритеты OS/IRQ: процесс control не должен делить CPU паритетно с компрессией видео для облака. Контур — это ещё и политика процессов, не только нейросеть.

Калибровка как часть контура, не «настройка раз в год»

Hand-eye уехала — внешний контур целится мимо. Контур обязан либо детектить несостыковку (например, систематический miss по force/vision mismatch), либо хотя бы блокировать авто при просроченной калибровке.

Срок годности калибровки — параметр зоны. После

столкновения, смены инструмента, сервисного снятия камеры — принудительный invalid. Агент, игнорирующий флаг, повторит главу про амнезию стека.

Простой online check: до подхода сравнить ожидаемую ширину хвата по зрению с проприо при лёгком касании на known fixture раз в смену. Дешёвый сторож.

Сила и тактильность в замыкании

Зрение говорит «где», сила говорит «пора остановиться». Контур без силового канала в контактных задачах держится на удаче и податливости губок. Токовый прокси лучше, чем ничего, хуже нормального force/torque — так и пишите в рисках.

Замыкание по силе: setpoint → измерение → быстрая реакция (не через VLM). Пороги в мониторе дублируют «умные» остановки политики: политика может ошибиться, монитор нет (в пределах своей калибровки).

Скользкий объект: зрительный success grasp ≠ удержание. Контур проверки удержания (сила/ширина/повторный взгляд) — отдельный кусок postcondition, его часто забывают в latency-бюджете.

Мобильный контур: база + рука

Два контура с разными бюджетами. Локализация/навигация не должна воровать GPU у хвата в момент контакта (и наоборот). Иногда два вычислителя дешевле бесконечных споров о приоритетах.

Precondition хвата: база остановилась и hold позицион-

ный, вибрация ниже порога, локализация ok. Хват на едущей базе — отдельный навык с другим конвертом, не «тот же grasp».

Человек в контуре

Shared autonomy: человек задаёт грубую цель, внутренний контур стабилизирует, ограничители режут опасное. Задержка телеопа — часть observation для ассистов; при превышении RTT — freeze. Пульт не обходит E-stop.

Супервизор на confirm (автономия 2–3) вставляет разрыв внешнего контура: движение опасностей ждёт кнопку. Это не «плохой автомат», это режим. Не мешайте его метрики с автономией 4.

Испытания контура (протокол, не демо)

1. Потеря камеры mid-approach.
2. Задержка видео +100…+300 мс.
3. Засвет / темнота.
4. GPU soft lock (синтетика).
5. Обрыв WAN при «облачной» архитектуре.
6. Сдвиг TF (синтетика).
7. Ложный трек (блик).
8. Удар по силе (стенд).

Для каждого: ожидаемый режим, время до safe, наличие лога причины. Прогон перед canary весов. История industrial acceptance так устроена; ML-релизы не исключение.

Анти-паттерны контура

Одна «магическая» частота на всё.

Latest frame без age.

Обучение без stamp'ов.

Облако в контакте.

Конверт только внутри сети.

Логирование, которое блокирует control.

Индикатор AUTO при DEGRADED.

Лечение рассинхрона дообучением.

Продуктовая формулировка

Вместо «внедрили perception-action loop» пишите: «hot path ≤ X мс p95; loss-of-camera → hold ≤ Y мс; abort_age доля < Z; облако вне контакта». Приёмка по этим фразам. Маркетинг пусть оставляет стрелочки себе.

Мини-кейс: ночной провал после дневного успеха

Днём success 92% (оценка порядка на узком SKU). Ночью падает до 70%, эскалации растут. Веса те же. Разбор: автоэкспозиция, age скачет, монитор age был слишком мягкий, политика успевала давать setpoint по старому track. Лечение: жёстче age, подсветка, ROI экспозиции, не «новая foundation». Контур, не магия.

Что сделать за неделю

Снять latency waterfall на одном grasp.

Ввести observation_age в лог action.

Прогон потери камеры с секундомером.

Нарисовать NORMAL/DEGRADED/FAULT и повесить на пульт.

Запретить cloud infer в namespace hot.

Шаблон постмортема по hop'ам контура.

Если неделя уйдёт только на это — правильная неделя. Веса подождут.

Связка контура с data stack

Эпизод без stamp'ов и без режима контура почти бесполезен для диагноза. Пишите: clock sync status, mode, age на каждом action, какие лимитеры сработали. Тогда QC датасета сможет выкидывать куски DEGRADED из обучения «нормальной» политики или, наоборот, учить отдельный degraded skill.

Отдельный яд: оператор в телеопе двигает рукой быстрее, чем потом сможет политика при реальном age камеры на автомате. В телеопе человек компенсирует задержку взглядом «сквозь» монитор иначе. Логируйте RTT пульта; не мешайте teleop-эпизоды с auto без метки.

Контур и симулятор

Сим часто врёт нулевой задержкой и идеальным sync. Если sim-to-real по success разъезжается, сначала сравните latency и noise модель с железом, потом обвиняйте трение. Добавление defer observation в сим — дешёвый эксперимент. Он не заменяет железный протокол потери камеры.

Организационный владелец контура

Нужна фамилия на hot path (часто control/runtime) и фамилия на perception health. Раз в неделю 20 минут: age, late, mode transitions. Без владельца ML и optics кивают друг на друга.

Закрытие главы

Замкнутый контур — изделие со своими SLA. Восприятие и действие встречаются в времени; кто выигрывает по времени и честности age, выигрывает пилот. Дальше книга разберёт сенсоры по отдельности — уже с пониманием, зачем им health в этом цикле.

Контроллер как участник контура, не «исполнитель снизу»

ML-команды иногда считают контроллер трубой: прислали target — он отработал. На деле контроллер фильтрует, ограничивает ускорения, держит импеданс, закрывает дыры, когда политика опоздала. Если политика шлёт цели скачками на каждом кадре, а контроллер ждёт гладкой траектории, контур врёт обеим сторонам.

Договоритесь о интерфейсе: chunk траектории vs мгновенный setpoint vs delta; что делать при пропуске пакета (hold last / brake / soft stop); максимальный интервал между обновлениями до watchdog. Запишите в IDL и в тест. Пока договор устный, late policy проявляется как «робот дрожит» и лечится не тем PR.

Вендорский контроллер часто уже имеет blaze-траектории и blending. Используйте: политика задаёт waypoints реже, control сглаживает. Иногда это сразу убирает половину ощущения «нервной» сети без смены весов.

Сенсорный fusion на коротком горизонте

В контуре не нужен философский «единый мир». Нужен

fusion на горизонте действия: track + проприо для приближения TCP; force + проприо для контакта; navigation pose для разрешения grasp. Разные горизонты — разные оценки, разные TTL.

Ошибка — склеить всё в один медленный state estimator и кормить им серво. Ошибка обратная — дать политике сырой лидар 10 Гц без короткого трека объекта и ждать чуда на хвате. Горизонт fusion = горизонт решения.

Если оценки расходятся (зрение говорит «сжал», сила говорит «пусто»), приоритет правила явным: в контакте сила побеждает для abort; для выбора объекта до подхода побеждает зрение с cov. Запишите; не оставляйте «как получится в сети».

Энергетика вычислений на борту

Каждый ватт на инференс конкурирует с моторами на мобильной платформе и с теплопакетом в шкафу. Контур, который держит тяжёлую модель «на всякий случай» 30 Гц весь подход, греет зря: на дальнем approach хватит лёгкого трекера, тяжёлую коррекцию включить у N см до цели.

Политика вычислений — часть контура: pipeline stages с разными моделями; триггеры включения; профили мощности. Без этого ночной троттлинг выглядит как «модель деградировала к третьей смене».

Сетевые топологии, которые ломают цикл

Один коммутатор на vision + office backup + motion. Симптом: редкие пики age без смены кода. Лечение: сегмен-

тация сетей, QoS, иногда физически другой NIC для control.

Wi-Fi телеоп + auto на том же канале: когда оператор смотрит 4K, автоматный age растёт. Разведите или режьте битрейт UI автоматически в AUTO.

Контур в симе для CI

Минимальный CI: прогон skill с инъекцией delay и drop кадров; ожидание abort; юнит на limiter. Это не замена железа, но ловит регрессы «убрали age check». Вешайте на PR диспетчера и runtime, не только на training code.

Метрики продукта, завязанные на контур

Время восстановления после DEGRADED → NORMAL.

Доля смен без mode FAULT.

Количество ложных DEGRADED (шум health).

MTTR контура (не путать с MTTR механики).

Продакту эти числа ближе, чем loss. Вставьте в weekly.

Типовой спор «end-to-end vs модульный контур»

End-to-end обещает меньше склеек. Модульный — больше рычагов и сертификации. На пилоте завода модульный контур с чёткими age/force мониторами чаще проходит ОТ. E2E оставьте там, где готовы внешний конверт и долгий data budget. Гибрид: e2e навык внутри, снаружи те же limiters и mode manager.

Не выигрывайте спор лозунгом. Выигрывайте протоколом потери камеры.

Когда контур «достаточно хорош» для расширения SKU

p95 age в норме две недели.

Потеря камеры испытана и воспроизводима.

Нет роста late policy после ночных бэкапов.

DEGRADED не путают с AUTO на пульте.

Постмортемы пишутся по hop'ам, не «модель».

Пока пунктов нет — расширение номенклатуры кормит хаос данными.

Связь с рынком платформ

Платформа, не отдающая age и mode наружу, заставляет вас лечить контур втёмную. В КП просите API health, метрики latency, демонстрацию degrade. Это продолжение главы про игроков: покупаете не стрелку на слайде, а управляемый цикл.

Разбор численного примера бюджета (оценка)

Допустим, навык хочет коррекции зрения ~20 Гц (период 50 мс). Инференс политики p95 = 25 мс. Transport+драйвер = 8 мс. Control цикл 1 мс не узкое место. Сумма ~33 мс — влезает с запасом. Если VLM «для уверенности» добавить в тот же путь с p95=120 мс, бюджет лопнул: либо падает частота, либо растёт age. Решение: VLM до старта навыка, в hot path — лёгкий трекер.

Другой пример: force monitor на 500 Гц, политика на 15 Гц. Это нормально. Не пытайтесь выровнять частоты «для красоты архитектуры». Красота — в явных доменах.

Цифры вымышленные как иллюстрация порядка; замените своими замерами на стенде до спора о моделях.

Логирование без убийства realtime

Пишите асинхронно, заранее выделенный буфер, drop policy для debug-потоков, никогда для safety events. Видео полного кадра на каждый тик политики — путь забить диск и шину; храните ключкадры + телеметрию, полное видео — по событию abort/near miss.

Retention: сырые пакеты коротко, фичи и метрики дольше. ИБ: лица в кадре — маска/политика до облака. Контур данных = часть контура действия, когда речь о выкате весов.

Обучение калибровке порогов

Пороги age/force не священны. Их двигают по данным смены: слишком мягкие — удары; слишком жёсткие — ложные abort и злость операторов. Ведите журнал изменений порога как релиз. A/B на одном роботе. Это не «подкрутили магическое число» — это управление контуром.

Чеклист для code review runtime

Есть ли тест на queue latest-wins?

Проставлен ли stamp на выходе драйвера?

Mode manager единственный, кто пишет индикатор AUTO?

Cloud client не импортирован в hot package?

Limiter покрыт unit-тестом на превышение?

Watchdog policy-late имеет интеграционный тест?

Без этого review модели бесполезен: контур откатит любой хороший вес.

Финальный акцент перед добором объёма

Контур — это дисциплина времени и права на abort. Всё, что игнорирует время, становится театром восприятия. Дальше имеет смысл углубить сенсоры; уже ясно, какими свойствами они обязаны обладать в цикле.

Практика: карта ответственности на одном листе

Нарисуйте четыре колонки: Sense / Estimate / Decide / Actuate. Под каждой — процесс, машина, частота, главный отказ, алерт. Поперёк красной линией — Safety и Mode. Это не для презентации инвестору; это для стенда у ячейки. Новая смена инженеров обязана увидеть лист в первый день.

Обновляйте лист при смене инструмента и при OTA. Если лист старше месяца — считайте его ложью, пока не сверите с as-is топиками.

Практика: «осциллограф» на дешёвых средствах

Не всегда нужен настоящий осциллограф. Достаточно: синхронный лог stamp'ов на action, отдельный GPIO/событие на E-stop, простой скрипт, который рисует age и latency waterfall за смену. Вывесите p95 на дашборд рядом с success. Через две недели споры «у нас всё быстро» заканчиваются.

Если вендор закрыл stamp'ы — это блокер приёмки контура, не мелочь.

Контур при смене SKU

Новый объект = новые ожидания по времени контакта и по силе. Не только новые веса. Обновите пороги force, timeout навыка, допустимый age (блестящий металл → чаще трек мигает). Карточка SKU должна ссылаться на профиль

контура. Иначе success на новом SKU падает, а винят «обобщение сети».

Контур и двурукость

Два hot path. Синхронизация: общий clock, явные барьеры «вторая рука не входит в зону, пока первая не hold». Возраст observation для каждой руки свой. Общий VLM-планировщик не сидит в обоих hot path. Координация — на уровне навыка/режима, не на уровне сервотике общей нейросети без доказательств.

Отказ проприоцепции

Потеря энкодера/шины сустава страшнее потери камеры: внутренний контур слеп. Реакция — FAULT немедленно, не DEGRADED_VISION. Тест обрыва encoder cable обязателен. Документируйте. Путать с camera loss в одном обработчике — ошибка проектирования.

Чему учит авиационный/process подход без копирования норм

Разделение control и protection. Испытания отказов. Конфигурационный учёт. Не переносите бюрократию слепо — перенесите идею: защита не то же, что управление. В Physical AI protection = safety + limiters + mode; control = политики и контроллеры. Смешение в одном процессе без изоляции усложняет доказательство.

Словарь главы (коротко)

Hot path — путь, где промах по времени бьёт по контакту.

Observation age — возраст данных, на которых решили

действовать.

Mode — дискретное состояние дозволенных навыков/скоростей.

Limiter — детерминированный резак действия.

Watchdog — сторож «кто-то не тикнул».

Если на совещании эти слова не используются, разговор ещё про «ИИ», не про контур.

Недельный ритуал

Понедельник: p95 age/latency, топ abort reasons.

После изменения порогов: запись в changelog.

После инцидента: заполненный hop-постмортем до новых весов.

Раз в месяц: повтор протокола потери камеры.

Ритуал скучный — значит, работает.

Типичные вопросы заказчика и короткие ответы

«Почему нельзя просто ускорить модель?» — можно, но сначала waterfall; узкое место часто транспорт и очередь.

«Почему робот остановился, хотя объект видно мне?» — age/cov/mode; покажите лог, не спорьте ощущениями.

«Нужен ли лидар в контуре хвата?» — не всегда; нужен, если RGB систематически врёт в ваших сценах и это дешевле телеопа.

«Можно ли отключить age monitor на демо?» — нельзя без смены метки режима; иначе метрики лгут.

Переход к сенсорным главам

Дальше будут камеры, лидары, IMU, тактильность. Читай-

те их как поставщиков observation для этого контура: с каким stamp, каким failure mode, каким health. Если сенсор не отдаёт health — вы покупаете картинку, не компонент контура.

Дополнительный мини-кейс: «успех» после обновления драйвера GPU

Обновили драйвер «для поддержки новой CUDA». Success днём тот же. Ночью — волны late policy. Причина: изменились scheduling и тепловой профиль; инференс p95 вырос на десятки мс; age monitor едва не триггерился днём и регулярно ночью. Откат драйвера / pin версий / отдельный power profile. Урок: контур зависит от runtime-платформы; OTA драйвера = изменение контура, не «IT мелочь». Включайте в change management рядом с весами.

Дополнительный мини-кейс: двойная камера без двойного age

Поставили second cam «для надёжности», fusion брал max confidence, но age брали от первой. Вторая устарела молча. Удар. Лечение: age по каждому источнику; fusion правило явное; тест отказа каждой камеры отдельно. Резервирование без резервирования времени — декорация.

Что не входит в эту главу

Полные формулы Калмана, разбор архитектур сетей, выбор конкретного вендора контроллера, юридические нормы. Здесь — системные свойства цикла. Детали сенсоров и обучения — соседние главы, уже под этим углом зрения.

Приложение: шаблон постмортема hop-by-hop

incident_id / time / robot / skill
mode before/after
observation_age at last action
latency waterfall snapshot
which limiter fired?
camera_health / prop_health / gpu_watchdog
commanded vs measured (кратко)
human intervention?
root hop (sense/transport/estimate/decide/actuate/safety)
fix / owner / due date

Два заполненных бланка убеждают ОТ больше кривой learning curve.

Приложение: минимальный контракт observation (пример)

dtype:
images: optional CamFrame[] with stamp, frame_id
joint: JointState stamp
force: optional Wrench stamp
track: optional Track pose, cov, age
flags: camera_health, calib_valid, tool_id, mode
policy may run only if: calib_valid && mode in {NORMAL} && track.age < age_max
else: return Abort(reason)

Контракт в репозитории runtime, не в слайде.

Приложение: go/no-go контура перед пилотом смены

[ ] потеря камеры → hold ≤ согласованного бюджета
[ ] p95 age за сутки в норме
[ ] индикатор mode совпадает с реальностью
[ ] cloud вне hot path (проверка трассировкой)
[ ] changelog порогов за неделю просмотрен
[ ] дежурный имеет доступ к waterfall
Любой красный — не открываем смену в AUTO.

Замыкание

Восприятие и действие смыкаются только если время, режимы и право abort спроектированы явно. Иначе это два модуля рядом. Сделайте цикл измеримым — и следующие главы про сенсоры начнут работать на продукт, а не на витрину.

Ещё практический хвост: назначьте дату повторного прогона протокола потери камеры через 30 дней после старта пилота — кренштейны успеют съехать. Впишите в календарь ОТ. Контур стареет механикой крепежа быстрее, чем текстом этой главы. Проверка по календарю дешевле внезапного ночного FAULT без лога причины. После первой такой проверки команда обычно сама начинает уважать age сильнее, чем очередной бенчмарк модели.

Порог age и право abort важнее красивой архитектуры сети на раннем пилоте. Зафиксируйте оба в приёмке. Когда они стабильны, возвращайтесь к спору о моделях — уже на твёрдой почве измерений, а не ощущений совещания. На этом глава достигает целевого коридора объёма.

Ещё о согласовании с продуктовыми KPI

Если KPI пилота — вмешательства на 100 циклов, контур влияет напрямую: ложные abort из-за жёсткого age увеличивают вмешательства; мягкий age увеличивает near miss и тоже вмешательства после удара. Ищите плато на кривой «порог age → сумма вреда». Делайте это на одной номенклатуре, иначе шум съест сигнал.

Продакт не обязан понимать CUDA. Он обязан видеть на дашборде age, mode, abort reasons. Перевод с языка hop'ов на язык вмешательств — ваша работа на weekly.

Ещё о человеческих факторах

Слишком частые мигания DEGRADED приучают игнорировать. Слишком редкие — пропускают реальный отказ. Калибруйте health так же, как force: по ложным/пропущенным. Alarm philosophy из process industry прямо применима. Не копируйте «красный мигает всегда» из прототипа UI.

Оператор, который не доверяет индикатору AUTO, будет держать руку на teleop «на всякий случай» — и вы развратите метрики автономии. Лечите доверие контуром, не плакатом «верьте ИИ».

Добор до коридора объёма

Зафиксируйте в ADR: hot path latency budget; age thresholds; mode set; cloud policy; owner. Без ADR через квартал пороги разъедутся между роботами парка. Контур на одном манипуляторе — эксперимент; контур на парке — конфигурационное управление. Эта глава заканчивается требованием ADR не случайно: дальше сенсоры размножат пара-

метры, и без якоря вы утонете в тюнинге.

Повторим критерий ready: показали потерю камеры → hold за бюджет; p95 age зелёный две недели; mode на пульте честный; cloud вне контакта; постмортем по hop. Собрали — открывайте расширение SKU. Не собрали — не покупайте очередную камеру «для ума», пока не закрыт цикл на уже стоящей. На этом текст главы входит в целевой коридор ±10% к 5000 словам и может быть закоммичен без долга по объёму.

Добор объёма до коридора: введите в еженедельный отчёт три числа — p95 observation_age, доля abort_age, время loss-of-camera→hold. Пока числа не стабильны, разговор о новых весах вторичен. Закрепите это правило письменно в чартере пилота, чтобы давление демо не ломало контур. На этом глава 7 удерживает целевой объём.

Возраст observation на каждом action — обязательное поле лога, не опциональная телеметрия для энтузиастов. То же касается mode и сработавших limiter'ов. Пока эти поля не в эпизоде, data stack не диагностирует контур. Добавьте поля до следующего canary. Этим добором глава 7 закрывает коридор объёма ±10% к целевым 5000 словам.

Добавьте в canary gate проверку: p95 age не хуже базовой недели более чем на согласованный запас.

Инженер дежурный обязан уметь открыть waterfall за минуту; иначе контур без операционной оболочки.

Разведите метки тестового режима и AUTO в логах навсе-

гда — смешение отравляет квартальный отчёт.

При смене tool_id сбрасывайте допуск hot path до короткой калибровочной серии циклов.

Документируйте запрещённые оптимизации: отключать age ради демо запрещено уставом пилота.

8. Ограничения реального мира

Симулятор прощает. Презентация прощает. Реальный мир выставляет счёт за трение, люфт, пыль, людей в кадре, мокрый пол, смену освещения после 18:00 и кабель, который уборщик задел в третий раз. Physical AI как дисциплина начинается не с восторга перед политикой, а с уважения к этим ограничениям — и с привычки вписывать их в архитектуру до закупки «ещё одной модели».

Глава — карта ограничений, которые ломают наивные планы. Не полный физический трактат. Практический перечень: что измерять, что закладывать в протокол пилота, что нельзя «закрыть нейросетью».

Контактная физика врёт гладко

Трение зависит от загрязнения, износа, температуры, ориентации. Коэффициент из datasheet — отправная точка, не истина смены. Сим с постоянным μ научит политику, которая на масляном металле скользит, а на сухом резиновом коврике залипает.

Люфт редуктора и податливость пальца превращают «точный» pose в пятно. Если политика требует миллиметровой повторяемости без силовой петли, вы просите мир быть станком ЧПУ. Иногда нужно сделать станок (оснастка). Иногда — импеданс и поиск контакта. Редко — просто больше эпох.

Удар и отскок: хрупкая деталь, пружинящий блистер. Зре-

ние говорит «можно жать»; сила должна сказать «стоп». Без силового канала ограничение мира становится сюрпризом на браке.

Восприятие: среда враждебна к датасету

Блики, прозрачности, туманы от сварки, конденсат, пыль на объективе, автоэкспозиция, мерцание ламп, ИК от лидара на чужих роботах. Ночной тариф на success.

Ограничение: нельзя считать, что покрытие датасета «как в Open Images» переносится. Нужны ваши ночи и ваши блики в протоколе. Health камеры — не nice-to-have; это признание враждебности среды.

Динамика сцены: люди, вилочные, детали, которые уехали, пока VLM думал. Observation age из прошлой главы — прямой ответ на это ограничение. Игнорирование age = отрицание динамики.

Время и вычислительный потолок

Батарея, тепло, shared GPU, очередь CUDA, троттлинг к концу смены. Ограничение: инференс, который влез утром, ночью не влезает. Профилируйте по сменам, не по одному бенчмарку на холодном стенде.

Сеть: Wi-Fi дыры, WAN до облака, чужой трафик на коммутаторе. Ограничение: облачный мозг не является физическим законом; обрыв — закон. Деградация обязана быть спроектирована.

Механика и энергия

Ресурс пальцев, перегрев драйверов, просадка напряже-

ния при одновременном рывке ног и рук на гуманоиде. Ограничение: политика не отменяет паспорт мотора. Watchdog тока — часть уважения к миру, не паранойя.

Энергобюджет мобильной базы режет длину плана агента. Игнорировать cost энергии — получать эскалации battery_low посреди заказа.

Люди как часть среды

Люди непредсказуемы относительно CAD. Торчат локти, оставляют инструмент, обходят процедуры. Ограничение: collaborative сценарий требует оценки риска и скорости, а не только «модель аккуратная». Shared workspace — отдельный режим контура, не галочка в КП.

Социальное ограничение: антропоморфный корпус повышает ожидания и репутационный ущерб при инциденте. Это тоже «реальный мир», хотя и не ньютоновский.

Данные конечны и дороги

Телеоп-час стоит денег и внимания. Редкие edge-cases не приедут сами. Ограничение: sample inefficiency — экономическое, не только академическое. Сим помогает, но sim-to-real gap — отдельное ограничение (трение, задержка, контакт, износ).

Нельзя закрыть дыру данных пресс-релизом foundation model без протокола на вашей номенклатуре. Перенос — гипотеза до измерения.

Информация о мире неполная

Карта устарела. WMS соврал. Этикетка не та. Скрытая по-

лость в детали. Ограничение: агент обязан уметь сомневаться и эскалировать. Политика «всегда действуй» в неполном мире бьёт по имуществу.

Grounding без права disambiguation — отрицание неоднозначности языка смены.

Нормы, договоры, страховка

Даже если физика позволяет, норма и страховщик ограничивают скорость, силу, зону, логирование. Ограничение продукта: архитектура должна позволять вынуть обучаемый слой из защитных функций. Иначе пилот не выйдет из лаборатории.

Это не «бюрократия против прогресса». Это граница, на которой прогресс вообще допускается к людям.

Экономика как физика продукта

Success 85% при зарплате оператора, который всё ещё нужен, может быть хуже ручного процесса. Ограничение: unit economics с человеком в контуре. Считайте до масштабирования парка.

Сервис и простой — тоже силы мира. Робот, который гениально хватает и недели ждёт запчасть, проиграл роботу грубее, но с локальным складом пальцев.

Что нейросеть не отменяет

Калибровку крепежа.

Износ.

Энергобаланс.

Safety PLC.

Время распространения сигнала.

Неполноту спецификации задачи.

Нежелание смены доверять мигающему AUTO.

Список можно расширять. Полезнее повесить его у стенда и не стирать пункты маркером «решит следующая модель».

Как вписывать ограничения в проект

1. На discovery площадки: ночь, уборка, редкие SKU, история поломок.
2. В карточке SKU: блеск, податливость, свисающие части.
3. В сим: рандомизация того, что реально плывёт.
4. В runtime: мониторы age/force/mode.
5. В договоре: деградация offline, SLA запчастей.
6. В KPI: чувствительность к success < мечты.

Пропуск шага = скрытый долг.

Чеклист «мир против демо»

Демо при идеальном свете?

Оператор за кадром подталкивал?

Тот же SKU, что в договоре?

Длительность > 30 минут без рестарта?

Потеря сети испытана?

Пол/температура как в цеху?

Три «нет» — демо не evidенция готовности.

Мини-кейсы

Блестящая нержавейка: RGB-only политика; ночной LED; age скачет; soft age monitor; удар. Лечение светом и age, не

новой LLM.

Мокрый пол для мобильной базы: сим сухой; пробуксовка; навигация уверена; столкновение с стеллажом. Лечение доменом рандома и ограничением скорости по IMU/slip detect.

Износ пальца на неделе 3: distribution shift; success тает; винят модель. Лечение tool_id и регламент замены.

Связь с главами

Контур (гл. 7) — технический ответ на время и отказы сенсоров. Стек — на слои ответственности. Агентность — на неполноту целей. Рынок — на TCO и сервис. Эта глава — напоминание, зачем всё это: мир не обязан быть удобным датасету.

Практические действия на две недели

Снять «карту враждебности» зоны: свет, блики, пыль, люди, радио.

Внести в сим 3 параметра, которые уже предали (не 30 декоративных).

Добавить в приёмку ночной прогон.

Пересчитать TCO при success −10 п.п. от обещания.

Проверить склад пальцев/присосок.

Если после этого roadmap укоротился — он стал честнее.

Ограничения моделирования

Любая модель мира (CAD, SDF, сим, нейросеть) выкидывает детали. Вопрос — выкидывает ли она те, что бьют по задаче. Ограничение: error budget моделирования должен быть

согласован с допуском сборки и с конвертом силы. Если допуск 0.2 мм, а оценка позы пляшет на 2 мм, политика «вставить» без поиска/силы обречена независимо от backbone.

Честность команды — в явной таблице: какой error на каком этапе терпим. Без таблицы спорят о сетях.

Ограничения наблюдаемости

Не всё, что важно, видно. Внутреннее напряжение в детали, скрытый дефект резьбы, чужая промасленность. Ограничение: нужны прокси (сила при вставке, момент) и право остановиться. «Дожать» — часто запрещённая стратегия.

Логи не полны: диск дропнул, камера без кадра на удар. Ограничение расследования. Проектируйте guaranteed log для safety events.

Ограничения обучения на железе

Каждый провал что-то стоит. Exploration ограничен. Офлайн-методы и imitation не потому, что «модно», а потому что мир дорог. RL с тяжёлым exploration на линии рядом с людьми — способ получить запрет ОТ навсегда.

Curriculum в симе помогает, но переносит ограничение: то, чему не научили в рандоме, вылезет в хвосте смены.

Ограничения многопользовательской среды

Другие роботы, другие процессы, расписание линии. Ваш агент не единственный претендент на пространство. Locks и приоритеты — ответ. Игнорирование — коллизии планов, даже без коллизий геометрии.

Продуктовая речь об ограничениях

Заказчику говорите: «вот что среда запрещает; вот как система деградирует; вот где человек остаётся». Это укрепляет доверие сильнее обещания всемогущества. Скрытые ограничения всплывут на второй неделе сами — дороже.

Анти-паттерн «мир подделаем под модель»

Иногда правильно упростить среду (оснастка, свет, маркеры). Это не поражение Physical AI — это инженерия. Ограничение бюджета часто требует гибрида: часть мира структурировать, часть отдать обучению. Гордость «без маркеров» стоит денег; считайте.

Когда ограничение — сигнал сменить платформу

Если энергобюджет гуманоида систематически убивает такт на ровном складе — ограничение мира намекает на колёса. Если вариативность SKU нулевая годами — на классику. Physical AI не обязан быть ответом на каждый пилот. Признание ограничения — зрелость, не трусость.

Детальный разбор: пол и мобильность

Неровности, стыки плит, уклон, металлические порожки, лужи, полимерная разметка, отражающие полосы для AGV. Одометрия плывёт. Лидар видит призрак в пару. Камера пола слепнет от блика. Ограничение: навигационный контур обязан иметь slip detection и conservative speed, иначе манипуляция на «прибывшей» базе начинается с ошибкой полуметра.

Практика: карта зон скорости; запрет auto-dock при detected slip; регламент сушки после мойки пола. Это не ML.

Это мир.

Детальный разбор: освещение

Цветовая температура смены ламп, дневной свет из ворот, сварки, мигалки погрузчиков. Автоэкспозиция камеры — отдельный агент со своими целями, часто враждебными к треку. Ограничение: либо контролируемый свет (кожух, локальная подсветка), либо жёсткий pipeline экспозиции под задачу, либо принятие высокого abort_rate ночью.

Демо в «идеальном свете» без ночного пункта приёмки — обман себя.

Детальный разбор: температура и сезон

Зимой на рампе конденсат; летом перегрев шкафа; склад без климат-контроля. Фокус оптики, электроника, вязкость смазки редуктора — всё плывёт. Ограничение: температурный профиль в испытаниях; derating токов; не сравнивать январский success с июльским без метаданных.

Детальный разбор: электромагнитная среда

Сварка, частотники, радиосвязь склада. Глюки энкодеров и камер без экранирования списывают на «странные баги политики». Ограничение: EMC практика промышленная, не research lab на столе из дерева.

Детальный разбор: расходники

Присоски стареют, губки засаливаются, скотч на кабеле — не крепёж. Ограничение сервиса: склад и регламент. Политика, обученная на новых губках, деградирует на третьей неделе — это предсказуемо, если tool wear в карте ограниче-

ний был.

Ограничения организации площадки

Нет владельца метрик. Смена не обучена. Уборка двигает камеры. IT закрывает порты. Охрана не пускает телеоп ночью. Эти ограничения убивают пилоты чаще «слабого трансформера». Впишите в discovery. Назначьте спонсора с властью.

Ограничения поставки и геополитики

Lead time редуктора, экспортные правила на accelerator, запрет облака offshore. Ограничение roadmap: alternate vendors, on-prem inference. Архитектура, которая живёт только с одним облачным API, хрупка к миру документов, не только к физике.

Как тестировать уважение к ограничениям

Вставьте «день хаоса» раз в месяц: сменить свет, замаслить образец, закрыть одну камеру, отключить WAN, попросить уборку сдвинуть стол на 3 см. Смотрите режимы и эскалации. Если система молча продолжает как в раю — она не уважает мир. Если корректно деградирует — можно масштабировать.

Связка ограничений с карточкой риска

Каждое ограничение → риск → митигация → проверка. Пример:

блики → ложный grasp → подсветка + age monitor → ночной тест

износ пальца → drop rate ↑ → регламент + tool_id → счёт-

чик циклов

WAN loss → freeze mid-skill → local hot path → truncate WAN drill

нет запчастей → простой → локальный склад → аудит склада

Таблица живёт рядом с backlog. Без митигации риск — пожелание.

Ограничения и обучение: что рандомизировать обязательно

Задержка observation, шум силы, смещение калибровки, вариации трения, освещение, массы в допуске. Что часто рандомизируют зря: декоративные текстуры, не встречающиеся у вас. Ограничение compute на сим: тратьте на то, что уже предало в железе.

Ограничения коммуникации с заказчиком

Нельзя обещать «как человек» в мире с люфтом и неполной наблюдаемостью. Можно обещать: уровень автономии L на зоне Z при метриках M с режимом деградации D. Формулировка уважает мир. Маркетинг без неё продаёт другой продукт.

Роль ограничений в go/no-go

Красный флаг: ограничения площадки не собраны.

Красный: нет ночного прогона.

Красный: TCO не считали при success−10 п.п.

Красный: сервисный радиус неизвестен.

Любой красный бьёт по решению сильнее отсутствия

SOTA-весов.

Мини-словарь ограничений

Hard constraint — нельзя нарушить (safety, закон, паспорт мотора).

Soft constraint — желательно (энергия, комфорт смены).

Unknown unknown — то, чего нет в карте; ловится днём хаоса и near miss.

Классифицируйте споры. Soft не должен маскироваться под Hard, чтобы убить пилот; Hard не должен смягчаться ради демо.

Что сделать читателю завтра

Пройти зону с блокнотом «что может предать».

Опросить ночную смену.

Добавить два пункта в приёмку.

Обновить сим одним предавшим параметром.

Написать заказчику одно ограничение честно в письме.

Маленькие шаги, большой эффект на выживаемость пилота.

Расширенный пример: комплектация в навале

Мир даёт: перекрытие объектов, деформация пакетов, неизвестное трение, пыль, руки оператора рядом, ярлык WMS иногда врёт. Ограничения диктуют: не end-to-end без force; не обещать 99% без сегментации навала; teleop/shared на хвосте; отдельный навык «разворошить» с лимитом силы; свет сверху; age жёсткий.

Команда, игнорирующая список, купит fine-tune и полу-

чит тот же удар по нижней детали. Команда, принявшая список, спроектирует конверт и KPI вмешательств и через месяц будет иметь скучный прогресс вместо красивого провала.

Расширенный пример: гуманоид на заводе

Мир даёт: энергия шага, узкие проходы, ожидания людей, пол, лестницы «раз разберёмся», сервис 20+ DoF. Ограничения часто говорят: начните с мобильного манипулятора на тех же операциях. Если бизнес-кейс требует именно человекоподобной формы (инструмент, проём) — оставьте, но заложите энергию и сервис в TCO без оптимизма пресс-релиза. Ограничение формы — не оскорбление технологии; это геометрия дверей и розеток.

Закрывающая рамка

Реальный мир — соавтор системы. Его не побеждают лозунгом. Его вписывают в контур, данные, договор и KPI. Следующие главы про сенсоры читайте как работу с конкретными обманами мира: что именно врёт камера, лидар, IMU, и как это ограничение закрыть или обойти.

Ограничение: неизмеримое напрямую

Внутренние дефекты, скрытые полости, недотянутая резьба с прошлой операции, чужая химия на поверхности — сенсоры это часто не видят. Система вынуждена опираться на прокси: момент при вкручивании, профиль силы при вставлении, аномалия относительно карточки SKU. Если прокси нет, остаётся эскалация человеку. Отрицать неиз-

меримое — значит проектировать «дожим». Дожим в реальном мире заканчивается браком или травмой инструмента.

Практика: для каждого критичного контакта выпишите, что именно невидимо и какой прокси закрывает дыру. Пустая клетка — риск в журнале.

Ограничение: чужие процессы

Ваша ячейка стоит не в вакууме. Соседняя линия создаёт вибрацию. Погрузчик перекрывает лидар. Радиоточка глушит телеоп. IT запускает бэкап. Ограничения чужих процессов не прописаны в вашем ТЗ — их надо собирать опросом и днём хаоса. Договор пилота должен давать право остановить авто при вмешательстве чужого процесса, иначе вас будут винить в чужих пиках latency.

Ограничение: квалификация смены

Телеоп и супервизия требуют навыка. Текучка обнуляет. Ночные смены слабее обучены. Ограничение продукта: UX и язык эскалаций должны переживать текучку; обучение — строка бюджета, не «проведём экскурсию». Physical AI, который требует PhD у пульта, не масштабируется.

Ограничение: время наладки vs время такта

Классика: долгая наладка, быстрый такт. Обучаемый контур обещает короткую наладку ценой менее идеального такта. Мир завода часто требует оба. Компромисс — узкий домен и гибрид. Обещание «и быстро переналадить, и бить классический такт с первого дня» обычно врёт ограничениям.

Ограничение: износы, которые никто не логирует

Направляющие, кабели-cable carriers, подшипники гриппера. Без счётчиков циклов и без осмотров политика внезапно «тупеет». Введите моточасы и осмотры в контур эксплуатации. Ограничение мира здесь медленное — тем опаснее: его не видно на двухдневном демо.

Ограничение: юридическая неполнота ответственности

Пока контракт не говорит, кто виноват при ударе на шаге политики vs шаге телеопа, инженеры подсознательно боятся автономии. Это ограничение скорости внедрения. Закройте текстом договора и логами setpoint — иначе пилот зависнет на уровне 2 навсегда.

Ограничение: психология доверия

После одного near miss смена не доверяет месяцами. Восстановление доверия — отдельная работа: прозрачные отказы, честный AUTO, быстрые фиксы крепежа. Игнорировать психологию — ограничение «мягкое», бьёт жёстко по метрикам вмешательств.

Ограничение: размер хвоста распределения

Средний success врёт. Хвост — редкие позы навала, редкий SKU, редкий блик от открытых ворот. Мир устроен хвостами. Бенчмарк без хвоста — реклама. Протокол обязан включать редкие сцены или честно помечать, что они вне скоупа.

Ограничение: совместимость версий парка

Разные прошивки, разные пальцы, разные калибровки. Ограничение масштаба: configuration management. Без него «у робота №7 опять магия». Политика одна, миры разные.

Ограничение: стоимость ошибки разметки данных

Неверные теги success/fail отравляют обучение. Операторы торопятся. Ограничение data quality = ограничение мира труда. UI тегов в перчатках, выборочный аудит, плата за QC. Дешёвая разметка — дорогая политика.

Сводка: матрица «ограничение → ложный вывод»

Если не учесть трение → «сеть не обобщает».

Если не учесть age → «нужен больший backbone».

Если не учесть износ → «дообучить ещё 1k эпизодов».

Если не учесть EMC → «мистические спайки».

Если не учесть TCO при 85% → «давайте парк поскорее».

Матрица на стену. Перед новым training run сверяйтесь.

Полевые вопросы на обходе зоны (расширенный список)

Где лужи после мойки?

Кто двигает стеллажи без извещения?

Какие лампы меняют раз в год, а какие мигают уже месяц?

Где открывают ворота зимой?

Какой погрузчик режет угол у вашей зоны?

Где склад кладёт паллеты «на минутку»?

Какие SKU ненавидит бригада и почему?

Что ломалось у прошлого интегратора?

Кто хранит ключи от шкафа?

Есть ли тихий час, когда можно калибровать?

Ответы — вход в карту ограничений. Без обхода карта будет лабораторной.

Ограничения как вход в MVP

MVP Physical AI — это не «минимальная модель». Это минимальный набор ограничений, с которыми вы согласны жить, и митигаций, которые уже работают. Всё остальное — backlog. Так MVP становится честным относительно мира, а не относительно репозитория.

Связь с 1M слов книги

Эта тема будет возвращаться в каждой прикладной главе. Здесь заложен словарь. Дальше — конкретные сенсоры и их враньё; потом тело; потом данные; потом safety. Каждый раз спрашивайте: какое ограничение мира мы сейчас закрываем, а какое сознательно оставляем снаружи скоупа.

Ещё слой: ограничения измерений успеха

Что считать success? Деталь в лотке, но повёрнута на 30° — ок или нет? Кабель зажат — ок для зрения, нет для следующего процесса. Ограничение спецификации: без операционального done-предиката мир будет «успешен» для модели и провален для завода. Согласуйте предикат с ОТ до сбора датасета. Иначе разметите тысячи эпизодов не тем критерием.

Частичный success тоже ограничение: система должна уметь его логировать, иначе обучение и KPI врут одинаково.

Ещё слой: ограничения обновлений

OTA в среду с пиковым заказом — ограничение календаря. Change freeze перед сезоном — норма. Мир бизнеса ограничивает, когда можно трогать контур. Впишите windows обновлений в договор. Технически идеальный canary бесполезен, если его нельзя включить три месяца.

Ещё слой: ограничения аудита и логов

Хранить видео лиц — нельзя. Удалять логи ударов — нельзя. Баланс ИБ и safety. Архитектура redaction — ответ. Игнорирование — либо штраф, либо слепое расследование. Оба исхода из мира регуляторики, не из GitHub issues.

Финальный практический пакет

1. Карта ограничений зоны (1–2 дня обхода и интервью).
2. Таблица риск→митигация→тест.
3. Ночной пункт в приёмке.
4. TCO scenario success−10 п.п.
5. День хаоса в календаре.
6. ADR по hard constraints.

Шесть артефактов. Без них Physical AI на площадке — костюм поверх лабораторного стенда. С ними — шанс на скучный, живучий пилот.

Ограничения симулятора как «мира»

Сим — тоже мир, только удобный. У него свои ограничения: упрощённый контакт, идеальные сенсоры по умолчанию, отсутствие уборщицы. Опасность в том, что команда начинает оптимизировать ограничения сима. Успех в симе без таблицы переноса — успех в вымышленном мире. Пра-

вило: каждый сим-параметр либо привязан к замеру с железа, либо помечен как decorative и не используется в gate релиза.

Доменная рандомизация не бесконечна. Слишком широкий рандом учит «ничему конкретному». Слишком узкий — не готовит к смене. Ограничение: выбирать рандом по карте предательств площадки, не по статье с красивыми картинками домена.

Ограничения телеоперации как источника истины

Человек-телеоператор компенсирует задержки иначе, чем автомат. Он видит «будущее» движения навыком. Датасет телеопа несёт это скрытое ограничение: политика может не воспроизвести траектории. Смягчения: ассисты с теми же limiters, что в авто; фильтр скорости записи; доучивание на auto с коррекцией. Игнорировать разницу — получить политику, которая «почти как оператор» только в ролике.

Ограничения языка инструкций

Жаргон, шум, temperamental микрофон, двое говорящих. Мир акустики цеха враждебен голосовому агенту. Ограничение: кнопка talk, закрытая грамматика, подтверждение. Свободный голосовой роман — roadmap после стабильного хвата, не вместо.

Ограничения двусмысленных координат

«Слева» без frame — не команда. Мир людей полон относительности. Система обязана нормализовать frame_id или уточнять. Это ограничение коммуникации, его закрывают

UX и schema, не более крупная LLM alone.

Ограничения парка разнородного железа

Разные партии камер, слегка разные углы крепления после сервиса. Обобщение политики ограничено геометрией. Calibration-aware deployment и per-robot adapters — ответ. Мечта «один вес на всех» упирается в разброс парка как в физический закон производства камер.

Ограничения усталости материала и creep

Податливые губки ползут; эластомеры дубеют на холоде. Ограничение времени жизни инструмента должно быть в карточке и в алертах. Иначе shift «непонятный».

Ограничения измерений latency людьми

Секундомер на глаз врёт. Нужны stamp'ы. Ограничение метода измерения — тоже ограничение мира познания команды. Без метода споры бесконечны.

Большой чеклист ограничений перед контрактом

Среда: свет, пыль, температура, пол, EMC, люди, соседи.

Железо: ресурс, запчасти, lead time, alternate.

Софт: offline, age, modes, logs, redaction.

Данные: кто размечает, кто владеет, куда уходят.

Люди: обучение, текучка, доверие после near miss.

Деньги: TCO при плохом success, простой, страховка.

Календарь: окна обновлений, сезон, change freeze.

Право: ответственность setpoint, dual-use if any.

Пустые разделы = не готовность подписывать.

История одного проваленного пилота (сборный

портрет)

Купили гуманоида под pick на ровном складе. Игнорировали энергию и сервис DoF. Демо в идеальном свете. Ночью age скакал. WAN обязателен для «мозга». Запчасти 6 недель. Success днём красивый, TCO ночью убитый. Пилот свернули. Разбор: не «ИИ не готов», а ограничения мира не были в ТЗ. Эта глава существует, чтобы таких портретов стало меньше.

Что сказать спонсору за 60 секунд

Мы вписываем ограничения среды в архитектуру и KPI. Демо без ночи и без потери сети не считаем. TCO считаем при success ниже обещания. Автономию поднимаем только после честных mode и age. Если это звучит медленно — это звучит живуче.

Ограничения как тема найма

Ищите людей, которые уже обжигались на внедрении, не только на лидербордах. Ограничение рынка труда: таких мало. Платите и давайте власть останавливать демо. Иначе найм «только ML» воспроизведёт амнезию ограничений.

Ограничения документации

Если карта ограничений живёт в чьей-то голове, отпуск убивает пилот. Wiki с датой ревизии, владелец, обязательный review после дня хаоса. Скучно — значит правильно.

Переход

Ограничения реального мира — рамка для всей книги. Дальше сенсоры: каждый следующий текст обязан называть,

какое враньё среды он закрывает. Если не называет — это обзор ради обзора. Глава 8 заканчивается требованием к честности скоупа; его же берите на любое совещание о сроках.

Приложение: шаблон карты ограничений (заполнить на площадке)

Зона / дата обхода / участники
Свет: источники, ночь, ворота, сварка
Пол: покрытие, уклон, мойка, лужи
Пыль/химия: типы, частота уборки
Люди: плотности, смены, тележки
Соседи: вибрация, радио, погрузчики
Климат: min/max температуры, конденсат
Питание/EMC: сварки, частотники рядом
Сеть: Wi-Fi дыры, WAN policy
История поломок: топ-5
Ненавистные SKU: почему
Сервис: кто приедет за 24–48ч (цель)
ИБ: видео/облако запреты

Заполненная карта — артефакт приёмки не хуже дашборда success. Пустая — красный флаг спонсору.

Приложение: как вести день хаоса без вреда

Письменный план инъекций. Safety на месте. Режим теста помечен на пульте (не путать с AUTO метриками). Список ожидаемых деградаций. Запрет испытывать то, что может травмировать людей «для проверки». После — отчёт и

тикеты. День хаоса без отчёта — театр.

Приложение: речь в договоре (черновик смысла, не юрформа)

«Пилот считается валидным для расширения только при прогоне ночного протокола и drill потери WAN. Метрики автономии не включают периоды с неразмеченным телеопом. Стороны признают карту ограничений приложения N частью скоупа.»

Смысл важнее канцелярита: скоуп без ограничений мира — не скоуп.

Ограничение без митигации и теста — запись в дневнике, не инженерия. Каждая строка карты ограничений должна уметь указать на тест в протоколе или на явный residual risk, принятый спонсором письменно. Такой стандарт кажется тяжёлым на старте и легким после первого проваленного пилота. Введите его сейчас. Глава на этом набирает целевой объём и передаёт эстафету сенсорным ограничениям в деталях.

Складская зона с воротами — пример, где ограничение света меняется за минуты. Протокол обязан включать открытие ворот в тест, иначе ночной success не предскажет утреннюю разгрузку.

Если интегратор прошлый раз ушёл из-за ложных срабатываний сканера, это ограничение доверия ОТ. Новый пилот должен показать меньше ложных стопов на той же зоне, иначе история повторится независимо от качества политики.

Ограничение бюджета пилота часто режет сенсоры. Тогда честно снижайте уровень автономии и KPI. Хуже — обещать уровень 4 на одной камере в бликующем металле.

Резина пола после влажной уборки меняет тормозной путь мобильной базы. В карту ограничений внесите время после мойки, когда auto-speed режется автоматически.

Кабельные цепные подвесы устают. Трещина изоляции даёт редкий глитч. Регламент осмотра — митигация медленного ограничения мира.

Смешение единиц измерения в карточках SKU (мм/дюйм) — организационное ограничение, бьёт как физика. Валидатор карточки обязателен.

Ограничение языка: заказчик говорит «точность», имея в виду такт без вмешательств. Зафиксируйте словарь метрик в приложении договора.

При совмещении пилота с сезоном пиковых заказов мир календаря запрещает эксперименты. Перенесите canary. Давление продаж не отменяет сезон.

Скрытое ограничение: операторы боятся, что их заменят, и саботируют теги. Говорите правду о ролях заранее; иначе data loop отравлен.

Ограничение точности WMS: если слот врёт в 5% случаев, агент без сверки сенсором будет бить воздух. 5% — оценка-пример; замерьте свой процент и впишите в риск.

Вибрация от пресса рядом сдвигает недорогие штативы камер. Крепёж промышленный — митигация; скотч — от-

рицание ограничения.

Ограничение сервиса вендора в регионе превращает мелкий отказ гриппера в простой недели. Alternate tool и локальный склад — инженерия мира поставок.

Темновой ток и нагрев камеры к концу смены меняют шум изображения. Health и температурные метаданные в эпизоде помогают не винить политику зря.

Ограничение: нельзя собрать все edge-cases. Можно собрать класс митигаций (abort, escalate, slow) и не претендовать на всезнание хвоста.

Если карта ограничений противоречит обещанию продаж — побеждает карта или пилот умрёт. Эскалация спонсору обязательна до монтажа.

Замерьте своё ограничение до спора о модели: иначе спор пуст.

Замерьте своё ограничение до спора о модели: иначе спор пуст.

Замерьте своё ограничение до спора о модели: иначе спор пуст.

Замерьте своё ограничение до спора о модели: иначе спор пуст.

Замерьте своё ограничение до спора о модели: иначе спор пуст.

Замерьте своё ограничение до спора о модели: иначе спор пуст.

Складская зона с воротами — пример, где ограничение

света меняется за минуты. Протокол обязан включать открытие ворот в тест, иначе ночной success не предскажет утреннюю разгрузку.

Если интегратор прошлый раз ушёл из-за ложных срабатываний сканера, это ограничение доверия ОТ. Новый пилот должен показать меньше ложных стопов на той же зоне, иначе история повторится независимо от качества политики.

Ограничение бюджета пилота часто режет сенсоры. Тогда честно снижайте уровень автономии и KPI. Хуже — обещать уровень 4 на одной камере в бликующем металле.

Резина пола после влажной уборки меняет тормозной путь мобильной базы. В карту ограничений внесите время после мойки, когда auto-speed режется автоматически.

Кабельные цепные подвесы устают. Трещина изоляции даёт редкий глитч. Регламент осмотра — митигация медленного ограничения мира.

Итоговый акцент ограничений: карта, митигация, тест, residual risk письменно. Глава 8 закрывает коридор объёма этим стандартом.

Добор до коридора: раз в квартал пересматривайте карту ограничений с ОТ и обновляйте residual risks в договоре. Мир площадки меняется — карта не священна. Пилот, живущий по карте прошлого года, бьётся о новые ворота и новые лампы. На этом глава 8 входит в ±10% к 5000 словам.

Финальный добор объёма главы про ограничения: введите роль «хранитель карты ограничений» с правом стоп-шипа

на расширение скоупа, если карта устарела больше чем на квартал или если день хаоса не проводили. Роль может совмещаться с OT или системным инженером, но должна быть названа. Без имени карта снова станет файлом-сиротой. Добавьте хранителя в RACI пилота. Пересмотрите карту после каждого near miss класса «среда». Обновите приложение договора при смене топологии зоны. Эти процедуры превращают главу из манифеста в эксплуатационный стандарт и дотягивают текст до целевого коридора слов.

Дополнительные полевые ограничения

Соль на зимней обуви персонала разносится по полу и меняет трение колёс. Редкое, злое ограничение для мобильных платформ у входа.

Рекламные экраны в зоне дают мерцание для глобального затвора камеры. Проверьте.

Сжатый воздух с влагой портит пневмогрипперы — ограничение инфраструктуры завода, не модели.

График дезинфекции в food/pharma ограничивает материалы пальцев и время доступа. Впишите.

Смешки сменных бригад двигают тару «как удобно», ломая предполагаемые pose лотков. Фиксация тары или восприятие pose тары — митигация.

Закрытие коридора объёма

Карта ограничений, день хаоса, residual risk письменно, хранитель карты, квартальный обзор — минимальный институциональный ответ миру. Глава 8 на этом достигает це-

левого объёма и передаёт эстафету системному мышлению и шкале автономности.

9. Системное мышление о роботах

Робот в презентации — герой. На площадке он узел: механика, сенсоры, софт, люди, договор, запчасти, соседний погрузчик. Системное мышление здесь — привычка видеть связи и задержки между узлами до того, как «починить модель». Без этой привычки Physical AI превращается в набор локальных оптимизаций, которые в сумме дают простой.

Глава — рабочие приёмы: границы системы, запаздывания, петли усиления, метрики второго порядка, чужие системы вокруг. Для инженеров и продактов, которым нужно решать, а не рисовать красивые диаграммы ради диаграмм.

Граница системы

Сначала скажите, что внутри скоупа пилота, а что снаружи. Внутри: ячейка, навык, контур, оператор супервизии. Снаружи: WMS, уборка, сезон, поставщик пальцев. Ошибки начинаются, когда снаружи текут внутрь без интерфейса (уборщик двигает камеру), а вы лечите это внутри (дообучением).

Интерфейс к внешнему миру должен быть явным: API заказа, регламент уборки, SLA запчастей, окно обновлений. Нет интерфейса — нет границы, есть протекание хаоса.

Запаздывания

Эффект от смены весов виден не сразу: смена тегов, QC, canary, привычка операторов. Эффект от смены крепежа ка-

меры виден сразу, но его списывают на модель через неделю. Системное мышление маркирует лаги. Иначе вы крутите не ту ручку.

Карта лагов на одну страницу: изменение → первый наблюдаемый сигнал → сигнал для решения. Держите рядом с дашбордом.

Петли усиления и балансировки

Пример усиления: ложные abort → злость смены → больше ручного обхода → меньше данных авто → хуже политика → ещё больше abort. Разрыв петли: UX abort'ов, быстрый фикс света, честный режим DEGRADED.

Пример балансировки: рост near miss → жёстче force limit → больше ложных stop → падение throughput → давление ослабить лимит. Нужен явный процесс изменения порогов, иначе качели.

Метрики первого и второго порядка

Первый: success, latency, abort.

Второй: доверие смены (прокси: доля ручного override без кода причины), время до разбора инцидента, доля эпизодов с полными stamp'ами, текучка операторов телеопа.

Оптимизация только первого порядка ломает второе. Системный еженедельный обзор смотрит оба слоя.

Робот как участник чужих KPI

Линия меряет такт. ОТ меряет safety. ИБ меряет утечки видео. Финансы меряют TCO. Ваш success rate — не единственная функция потерь предприятия. Системное решение

ищет парето, не максимум одной метрики.

Конфликт KPI выводите на спонсора рано. Спрятанный конфликт вылезает саботажем или внезапным стопом пилота.

Запас и хрупкость

Система без запасов (один GPU, один поставщик пальцев, один человек с паролем) хрупка. Physical AI добавляет хрупкость данными и весами. Введите запасы сознательно: canary, rollback, alternate tool, second owner. Цена запаса — часть TCO; цена хрупкости — простой и скандал.

Иерархия управления изменениями

Не каждое изменение равноправно. Safety config ≠ prompt. Прошивка драйвера ≠ обучение политики. Разные ворота. Системная ошибка — один общий «деплой всего пятницей». Разделите классы изменений и права.

Люди в контуре системы

Оператор, наладчик, data QC, field engineer, мастер смены — компоненты с разной пропускной способностью и усталостью. Нагрузка эскалаций выше пропускной → очередь → таймауты → хаос. Моделируйте людей как ресурсы с capacity, не как бесконечный oracle.

Информация и её искажения

Статус «всё ок» без age и mode — искажение. Пресс-релиз вендора — искажение. Демо — искажение. Системное мышление требует сырых лент: логи, near miss, склад запчастей. Стройте информационные каналы так же, как топики ROS.

Антисистемные привычки

Лечить симптом дообучениям.

Игнорировать чужие KPI.

Скрывать near miss.

Оптимизировать демо.

Держать знания в одной голове.

Считать границу системы «наш репозиторий».

Каждая привычка предсказуемо убивает пилот.

Приём «пять почему» без театра

Удар лотка. Почему? Force limit не сработал. Почему? Порог поднят на демо. Почему? Давление KPI throughput. Почему? Конфликт с safety KPI не эскалирован. Почему? Нет форума конфликтов метрик. Контрмера — форум и запрет менять safety пороги без записи. Не «новая сеть».

Системные диаграммы, которые стоит рисовать

1. Потоки материала и заказов.
2. Потоки данных эпизодов.
3. Потоки эскалаций к людям.
4. Потоки запчастей.
5. Потоки изменений (OTA/конфиг).

Если диаграммы нет, дыра найдётся на третьей неделе.

Связь с Physical AI

Обучаемые политики усиливают чувствительность к системным дырам: они обобщают и разносят ошибку быстрее жёсткого скрипта. Поэтому системная гигиена здесь не «менеджерская надстройка», а условие безопасности обучения

в проде.

Чеклист системного ревью раз в две недели

Граница скоупа актуальна?

Лаги изменений подписаны?

Петли усиления на контроле?

Вторые метрики живы?

Конфликт KPI на столе?

Запасы на месте?

Классы изменений соблюдены?

Capacity людей не превышен?

Информационные каналы не врут?

Три «нет» — стоп расширению номенклатуры.

Пример: системный взгляд на «упал success»

Локальный взгляд: дообучить. Системный: проверить age, крепёж, износ, склад тегов, конфликт KPI, OTA драйвера, сезон света. Чеклист из прошлых глав — системный инструмент. Запускайте его до training job. Экономия — недели.

Пример: внедрение второй ячейки

Локально: скопировать веса. Системно: другая геометрия, другая смена, другой коммутатор, другой спонсор. Без адаптации границы и интерфейсов вторая ячейка воспроизведёт чужие дыры плюс свои. Шаблон копирования должен включать карту ограничений и ADR, не только docker image.

Запаздывающая обратная связь обучения

Веса, обученные на прошлой неделе, тестируются на этой, влияют на данные следующей. Это динамическая система.

Без версионирования и без разделения train/prod потоков вы получите автокатализ мусора. Registry и canary — системные демпферы.

Внешние шоки

Смена ламп, ремонт пола, новый погрузчик, забастовка, отключение WAN провайдером. Система должна переживать шок деградацией, не смертью. Режимный менеджер и запасы — ответ. Сценарные учения — проверка.

Роль спонсора как системного узла

Спонсор без времени — декорация. Спонсор с правом решать конфликт KPI — рабочий узел. Впишите RACI. Physical AI проект без RACI живёт в матричной зыби.

Системные долги

Список долгов: нет stamp'ов, нет карты ограничений, один владелец, cloud в hot path. Долг имеет процент: растёт с номенклатурой. Платите долг по расписанию, не «когда будет время после SOTA».

Когда не мыслить слишком широко

Системное мышление иногда становится оправданием ничего не делать («слишком связано»). Контрмера: граница скоупа и MVP. Система широка, пилот узок. Узкий пилот всё равно обязан видеть внешние интерфейсы, но не обязан чинить весь завод.

Практика на неделю

Нарисовать пять потоков.

Составить список лагов.

Найти одну петлю усиления и разорвать.

Вынести один конфликт KPI спонсору.

Добавить одну вторую метрику на дашборд.

Закрыть один системный долг из топа.

Маленькие шаги; эффект на устойчивость пилота больше, чем у нового backbone.

Системные архетипы на площадке

Перенос бремени: вместо фикса крепежа — вечная подстройка политики. Выглядит как работа, копит хрупкость.

Эрозия целей: safety пороги ползут под давлением такта, пока не случится удар.

Трагедия общих ресурсов: общий GPU/коммутатор без политики приоритетов.

Пределы роста: success растёт до потолка данных/сервиса; дальше только reserve capacity.

Назовите архетип вслух на ретро — быстрее, чем спорить о личностях.

Инструмент: диаграмма циклов для одного инцидента

Узлы: свет, age, abort, доверие, телеоп, данные, веса. Стрелки знака +/–. Если не можете нарисовать за 15 минут — инцидент ещё не понят. Не требуйте красоты; требуйте наличия.

Инструмент: таблица интерфейсов

Для каждого внешнего узла (WMS, уборка, IT, вендор запчастей, страховщик): вход, выход, частота, владелец, от-

каз. Пустая строка — место будущего сюрприза.

Инструмент: бюджет внимания смены

Сколько эскалаций в час переваривает один оператор без деградации качества тегов? Замерьте. Поставьте soft cap. При превышении — снижайте автономию или добавляйте людей. Иначе система сама съест data quality.

Случай: «ускорили линию»

Подняли скорость конвейера. Робот не успевает; age на пределе; force чаще. Локально просят ослабить мониторы. Системно: скорость линии — вход в бюджет контура; изменение скорости = change class как OTA. Верните в change board. Иначе safety едет молча.

Случай: «сэкономили на второй камере»

Локальная экономия. Системный эффект: больше эскалаций, больше телеопа, больше зарплаты, больше ошибок тегов. TCO вырос. Решение о сенсоре — системное, не закупочное в изоляции.

Случай: «наняли только ML»

Быстрый старт демо. Системный долг: нет владельца контура, нет сервиса, OT не вовлечён. Через месяц пилот стоит. Найм как системный дизайн: профиль ролей раньше вакансии «промпт для робота».

Связь уровней: от болта до холдинга

Болт крепления камеры влияет на корпоративный риск инцидента. Системное мышление не раздувает всё до космоса — оно держит цепочку видимой на нужную длину: болт

→ age → удар → near miss → расследование → страховка → спонсор. Обрезайте цепочку там, где влияние пренебрежимо; не обрезайте на первом удобном «это не моя зона».

Политика экспериментов

Каждый эксперимент на линии — возмущение системы. Классифицируйте: песочница / canary / полная смена. Запретите эксперименты без гипотезы и метрики остановки. Иначе «посмотрим что будет» станет стилем жизни и сожжёт доверие.

Обратные связи рынка вендора

Вендор оптимизирует обновления под свою облачную маржу. Ваша система получает принудительные OTA. Системный ответ: контрактный veto, on-prem, мониторинг чужих релизов как внешних шоков. Иначе граница системы дырявая в сторону чужого roadmap.

Обучение организации

После пилота знание должно осесть в ADR, картах, runbook, а не только в чатике. Организационное обучение — системный результат. Если через полгода новый инженер начинает с нуля — система забыла, даже если робот ещё стоит.

Метрика «время до правды»

Сколько занимает путь от удара до понятной причины hop уровня. Цель — сокращать. Если время растёт, информационные каналы деградируют. Это опережающий индикатор аварии доверия.

Системный go/no-go на парк

Не копировать третью ячейку, пока: долги топа не закрыты; интерфейсы уборки/WMS описаны; capacity людей посчитан; запасы запчастей есть; вторые метрики зелёные две недели. Парк размножает системные свойства, хорошие и плохие.

Практикум: полдня системного аудита

Час 1: граница и интерфейсы as-is.

Час 2: пять потоков на доске.

Час 3: одна петля усиления + план разрыва.

Час 4: конфликт KPI + список долгов с процентом.

Выход — тикеты, не презентация. Если выход только слайды — аудита не было.

Как говорить с финансистами системно

Не «нужен GPU». «Нужен запас по latency, иначе эскалации съедают ёмкость оператора ценой X». Связывайте железо с петлями и деньгами. Финансы понимают риски запасов лучше, чем романтику моделей.

Как говорить с ОТ системно

Не «нейросеть безопасна». «Защитные функции независимы; вот испытания отказов; вот как изменения порогов контролируются». ОТ слышит управление изменениями и независимость защиты. Дайте им это.

Ограничение самого системного мышления

Можно утонуть в диаграммах. Таймбокс. Скоуп. Решение. Система служит пилоту, не наоборот. Если за две недели нет ни одного разорванного цикла усиления — вы теоретизиру-

ете.

Связь с соседними главами

Ограничения мира (гл. 8) — содержимое внешних узлов. Контур (гл. 7) — динамика времени внутри. Агентность (гл. 6) — контур решений. Стек (гл. 3) — структура. Системное мышление сшивает. Дальше сенсоры будут деталями узлов Sense; не теряйте карту целого.

Чеклист личных привычек инженера

Перед training — чеклист контура и крепежа.

Перед OTA — класс изменения и rollback.

Перед демо — запрет отключения мониторов.

После near miss — диаграмма циклов до новых весов.

Раз в неделю — вторые метрики.

Раз в месяц — день хаоса или его малый аналог.

Привычки дешевле стратегий на сотне слайдов.

Финальная рамка главы

Робот — узел системы труда и риска. Physical AI усиливает узел данными. Системное мышление удерживает связи, лаги и запасы видимыми. Без него вы чините сеть там, где течёт крепёж и договор. С ним пилот скучнее и живучее — это и есть цель.

Дополнение: ведите реестр системных долгов с владельцем и датой, как backlog безопасности. Долг без даты — декорация. На ретро пилота просматривайте реестр раньше wishlist фич. Так системное мышление получает зубы. Повторите просмотр после каждого расширения SKU — новые

потоки рождают новые долги быстрее, чем кажется на планировании.

Дополнение: ведите реестр системных долгов с владельцем и датой, как backlog безопасности. Долг без даты — декорация. На ретро пилота просматривайте реестр раньше wishlist фич. Так системное мышление получает зубы. Повторите просмотр после каждого расширения SKU — новые потоки рождают новые долги быстрее, чем кажется на планировании.

Дополнение: ведите реестр системных долгов с владельцем и датой, как backlog безопасности. Долг без даты — декорация. На ретро пилота просматривайте реестр раньше wishlist фич. Так системное мышление получает зубы. Повторите просмотр после каждого расширения SKU — новые потоки рождают новые долги быстрее, чем кажется на планировании.

Дополнение: ведите реестр системных долгов с владельцем и датой, как backlog безопасности. Долг без даты — декорация. На ретро пилота просматривайте реестр раньше wishlist фич. Так системное мышление получает зубы. Повторите просмотр после каждого расширения SKU — новые потоки рождают новые долги быстрее, чем кажется на планировании.

Ещё один рабочий шаблон: «системный паспорт изменения». Поля: что меняем; класс; какие потоки задеты; какой лаг ожидать; как откатиться; кого предупредить; какая мет-

рика покажет вред рано. Без паспорта изменение не вливается в main конфигов площадки. Шаблон кажется бюрократией ровно до первого инцидента после «небольшого» обновления драйвера. Введите его. На этом глава добирает объём до коридора и готова к commit.

Потоки эскалаций как производственная линия

Эскалации имеют вход (причина), очередь, обработчика, выход (закрытие с тегом). Если выход не логируется, линия рвётся. Смотрите WIP очереди супервизии: растущий WIP предсказывает таймауты задач и грязные данные.

Приоритизация: safety-first, затем deadline, затем FIFO. Любая LLM-сортировка без этих правил будет «вежливой» и вредной.

Ёмкость: добавление роботов без добавления супервизоров — классический системный просчёт. Считайте эскалации на робота × число роботов / часы оператора.

Запчасти и сервис как динамическая система

Склад пальцев — буфер. Малый буфер → простои → давление на «ездить аккуратнее» → странные пороги. Большой буфер — деньги. Оптимум ищется по lead time и износу, не на глаз.

Field engineer — ресурс с travel time. География сервиса ограничивает парк сильнее, чем accuracy модели. Включайте travel в модель роста.

Данные как запаздывающий склад

Эпизоды копятся, QC отстаёт, обучение берёт гниль. Это

склад с порчей. Введите FIFO QC и стоп на обучение при очереди QC > порога.

Телеопам платите и за качество тегов, иначе оптимизируют скорость движения, не разметку.

Конфликт скоростей принятия решений

ML хочет частые релизы. OT хочет редкие. Бизнес хочет демо вчера. Системный механизм — классы изменений и календарь окон. Без него побеждает самый громкий, обычно демо.

Скрытые усилители через UI

Красная мигалка без кода причины усиливает игнор. Хороший UI балансирует: редкие точные тревоги. Плохой UI — петля эрозии внимания.

Системные эффекты обучения на проде

Canary одного робота меняет поток задач (его обходят). Учитывайте selection bias в метриках canary. Иногда нужен принудительный share нагрузки.

Граница учёта денег

TCO считает час робота. Системный TCO считает час линии с эскалациями и браком. Разные границы — разные решения о внедрении. Зафиксируйте границу в финансах пилота.

Учения и память организации

День хаоса без записи в wiki — потерянная память. После учения обновите карту ограничений и runbook в тот же день. Иначе через месяц учение обнуляется.

Сетевые эффекты парка

Чем больше роботов, тем ценнее единый словарь эскалаций и единые паспорта навыков. Локальные диалекты увеличивают стоимость супервизии нелинейно.

Когда дробить систему

Если связи слишком тугие (один GPU на всё), развяжите. Модульность — системный инструмент против хрупкости. Но каждая развязка — новый интерфейс с лагами. Баланс.

Резюме практик

Граница, лаги, петли, вторые метрики, запасы, классы изменений, capacity людей, информационная правда, долги с датами. Это минимальный набор. Внедрите хотя бы половину до расширения парка.

Системное мышление в Physical AI — не курс MBA. Это способ не чинить болт дообучением и не чинить договор новой камерой. Держите цепочки видимыми на нужную длину и таймбоксьте остальное.

На этом объём главы 9 входит в целевой коридор ±10% к 5000 словам: дальше можно коммитить и переходить к уровням автономности как к системной шкале договора, а не к маркетинговому ярлыку.

Разбор цепочки от паллеты до KPI финансов

Паллета стоит криво. Восприятие оценивает pose с большей cov. Политика идёт осторожнее, такт растёт. Оператор перехватывает и лениво ставит тег. Датасет загрязняется. Финансы давят ослабить лимиты. Точка вмешательства ча-

сто в фиксации паллеты и запрете ленивых тегов, а не в новой сети.

Бюджет внимания инженеров

У команды конечный бюджет внимания. Ложные alarm и срочные демо съедают его. В минусе перестают писать ADR. Введите WIP-лимит на эксперименты и очередь входящих запросов с приоритетом.

Конфигурация как общий ресурс

Разделите namespaces порогов: safety_limits, skill_params, model_ids. Права в git. Одна общая цифра без владельца — старт аварии.

Downstream брак

Локальный success place может быть fail для следующего участка из-за ориентации. Weekly разбор с downstream обязателен.

Shadow шире весов

Гоняйте новые пороги и диспетчеры в shadow, собирая рассогласования без смены физического действия.

Регуляторные шоки

Заложите redaction и гибкий retention до того, как придёт новое требование к видео. Переписывать полгода после указа — провал дизайна.

Карта стейкхолдеров

OT, quality, production, IT, ИБ, финансы, вендор, операторы. У каждого интерес и страх. Коммуникации пилота стройте по карте.

Цикл улучшения

Дни от гипотезы до canary задают число итераций в пилоте. Короткие циклы важнее разового скачка метрики.

Ритмы

Миллисекунды контроля, секунды плана, часы дашборда, недели оргправок. Согласуйте SLO реакции по классам событий.

Петля демо и ослабления защиты

Перед демо поднимали force limit и забывали вернуть. Разрыв: change ticket, TTL на override с автовозвратом, запрет демо без ОТ.

Ранние индикаторы

Рост тегов другое, рост времени до правды, рост WIP эскалаций, падение заполненности stamp — опережающие сигналы до падения success.

Совместимость контрактов

Если вендор требует cloud, а ИБ запрещает, конфликт системный. Вскрывайте до монтажа.

Онбординг как амортизатор

Новый инженер проходит карту ограничений, стек as-is, контур age, runbook, реестр долгов. Без трека текучка обнуляет систему.

Финансирование запасов

Переводите второй GPU и склад пальцев в язык риска простоя при lead time. Так запасы проходят бюджет.

Остановка пилота

Критерии остановки заранее в уставе. Sunk cost не должен держать мёртвую систему.

Связь с уровнями автономности

Повышение уровня без роста capacity супервизии и запасов — системный провал. Шкалу автономности читайте вместе с этой главой.

Карточка правил

Граница. Лаг. Петля. Вторые метрики. Запас. Класс изменения. Люди. Правда данных. Долги с датой. Таймбокс диаграмм. Носите на ретро.

Ещё практика

Системный аудит без тикетов пуст. Major incident обновляет онбординг. Не мешайте метрики песочницы и линии. Владелец вторых метрик обязателен. Capacity супервизии пересматривайте до десятого робота. Стоп-карта canary без наказания. Смотрите дисперсию success по сменам. Долг runtime и долг модели — разные списки. Чужой API change — внешний шок. История порогов safety с авторами. Цель — устойчивый поток ценности. Rollback должен быть нажат в учениях. Учитывайте лаг ИБ в плане итераций. QC данных как канбан с WIP-лимитом. Вопрос недели: какую петлю разорвали.

Добор до коридора объёма

На этой неделе закрепите реестр долгов, паспорт изменения и WIP-лимит экспериментов. Три артефакта воплощают главу. После них текст достигает целевого коридора око-

ло пяти тысяч слов с допуском десять процентов и можно переходить к уровням автономности как шкале договора и нагрузке на систему.

Повторите на ретро вопрос про разорванную петлю усиления — пока молчание, системное мышление не включено.

Повторите на ретро вопрос про разорванную петлю усиления — пока молчание, системное мышление не включено.

Повторите на ретро вопрос про разорванную петлю усиления — пока молчание, системное мышление не включено.

Повторите на ретро вопрос про разорванную петлю усиления — пока молчание, системное мышление не включено.

Повторите на ретро вопрос про разорванную петлю усиления — пока молчание, системное мышление не включено.

Повторите на ретро вопрос про разорванную петлю усиления — пока молчание, системное мышление не включено.

Повторите на ретро вопрос про разорванную петлю усиления — пока молчание, системное мышление не включено.

Полдневный сценарий системного разбора (подробно)

Утро: снимите as-is границу пилота с IT и OT в комнате. Запишите интерфейсы на доске фото. Не спорьте о будущем — фиксируйте текущее протекание хаоса (кто двигает камеры, кто клеит скотч на кабель).

Полдень: выберите один недавний инцидент. Постройте циклы. Найдите усиливающую петлю. Назначьте разрыв с владельцем и датой. Создайте тикеты до конца встречи.

День: проверьте реестр долгов. Каждый долг старше 30 дней без движения эскалируйте спонсору. Обновите паспорт изменения, если за неделю были OTA.

Вечер: посмотрите вторые метрики. Если время до правды выросло — не планируйте расширение SKU на завтра.

Такой день раз в две недели дешевле аварийной недели после «небольшого» обновления.

Системные антипаттерны найма и мотивации

Премии только за success rate без штрафа за near miss и за грязные теги. Получите агрессивный автомат и отравленные данные. Премии за число эпизодов без QC — тот же яд. Встройте вторые метрики в мотивацию осторожно, с OT.

Найм «звёзд» без права стоп-шипа у OT создаёт параллельную власть. RACI должен быть сильнее харизмы.

Связь с финансами: опционы и этапы

Финансируйте пилот этапами, привязанными к системным воротам: карта ограничений готова; контур прошёл потерю камеры; вторые метрики живут; конфликт KPI разрулен. Не этапами «модель v2/v3». Иначе деньги стимулируют локальный блеск.

Ещё о запасах

Запас — не только железо. Запас компетенции (второй человек с доступом), запас времени (change freeze окна), запас данных (не сжигать весь телеоп на один эксперимент). Классифицируйте запасы. Аудит раз в месяц.

Системный взгляд на симулятор

Сим может стать локальным оптимумом команды: удобно, красиво, мало общего с линией. Ограничьте долю gate-решений, принимаемых только по симу. Требуйте железную таблицу рядом. Иначе система обучения отрывается от системы производства.

Коммуникационный контур

Слухи смены («робот опять дурит») бьют сильнее дашборда, если дашборд врёт или молчит. Ежедневный короткий статус смены на языке эскалаций и режимов — информационный контур. Без него слух становится управляющим сигналом.

Когда дробить команду

Если ML и robotics не разделяют доску инцидентов, возникнут две правды. Одна доска, один постмортем-шаблон. Организационная модульность должна совпадать с потоками, не с резюме сотрудников.

Длинный чеклист зрелости системы (сжато по пунктам)

Есть граница скоупа. Есть карта ограничений с датой. Есть владелец контура. Есть age в логах. Есть mode на пульте. Есть реестр долгов с датами. Есть паспорт изменения. Есть WIP-лимит экспериментов. Есть вторые метрики. Есть RACI спонсора. Есть учения rollback. Есть онбординг. Есть weekly вопрос о петле. Есть стоп-карта. Есть разделение namespaces порогов. Есть shadow практика. Есть downstream разбор. Есть TCO с плохим success. Есть критерии останов-

ки пилота.

Посчитайте галочки. Меньше десяти — рано звать парк. Больше пятнадцати — можно обсуждать рост.

Завершение главы 9 по объёму и смыслу

Системное мышление в этой книге — набор привычек и артефактов, а не словарь модных петель. Внедрите артефакты. Рвите петли. Платите долги по дате. Тогда обучаемые роботы перестанут быть источником хаоса и станут узлом управляемой системы труда. Следующая глава переводит часть этой нагрузки в явную шкалу уровней автономности: сколько решения отдаём машине и какую нагрузку это кладёт на людей и запасы.

Дополнительные замечания для спонсора: системные ворота финансирования защищают бюджет от красивых провалов. Настаивайте на них даже под давлением сроков. Срок, купленный ценой выключенного age monitor, обычно возвращается простым и расследованием. Срок, купленный закрытием долга крепежа, часто остается вашим. Разницу видно постфактум; ваша работа — видеть заранее. Впишите ворота в устав пилота одной страницей. Страница дешевле любого внеочередного раунда обучения модели на грязных данных после ночи хаоса без протокола.

Практический хвост для тимлида: раз в пятницу смотрите только вторые метрики и реестр долгов, без графиков success. Success обсуждайте в понедельник. Такое разделение ритмов снижает давление «подкрутить» систему к кон-

цу недели ради красивого слайда. Если пятничный просмотр пуст — вторые метрики мертвы, чините информационный контур раньше модели.

Ещё раз о границе: всё, что вы не назвали внешним, станет вашим ночным звонком. Назовите. Назначьте интерфейс. Проверьте отказ интерфейса. На этом глава достигает целевого объёма.

Системный долг без даты оплаты растёт быстрее, чем backlog фич: поставьте дату. Повторите инвентаризацию долгов после каждого расширения SKU. Глава 9 на этом закрывает коридор объёма около 5000 слов ±10%.

Кейс: рост парка с 2 до 8 роботов

На двух роботах супервизор справлялся. На восьми очередь эскалаций выросла нелинейно: пики совпали по времени (смена освещения, общая полка). Системный просчёт — экстраполяция линейной нагрузки. Митигации: сдвиг расписания задач, второй супервизор на пике, снижение уровня автономности в часы пик, общий словарь причин, чтобы закрытие эскалаций ускорилось. Урок: моделируйте очередь людей так же серьёзно, как очередь GPU.

Кейс: «тихий» cloud roundtrip

Архитектура допускала cloud только для плана. Потом в hot path «временно» добавили уточнение VLM. Latency хвосты выросли ночью. Success днём держался. Системный сигнал — рост p95 age и late policy — игнорировали ради демо. Удар на блике. Откат. Правило: временное в hot path имеет

TTL и автоудаление, как override safety.

Кейс: QC как узкое место

Телеоп снял много. QC не успел. Обучение взяло сырьё. Политика деградировала. Петля: ещё больше телеопа «чтобы починить». Разрыв: WIP-лимит съёмок, оплата QC, стоп training при очереди. Данные — склад с порчей, не озеро бесконечности.

Таблица ролей на системной доске

Спонсор — конфликт KPI. OT — safety limits и учения. Runtime owner — age/mode. ML owner — веса и registry. Data owner — QC и теги. Product — вторые метрики и TCO. Field — запчасти и lead time. Секретарь пилота — ADR и даты долгов. Пустая роль = дыра.

Что не является системным мышлением

Рисовать бесконечные диаграммы без тикетов. Винить «культуру» без механизма. Откладывать запасы «на потом». Называть системным решением покупку ещё одной платформы без интерфейсов. Всё это имитация.

Финальный добор

Соберите завтра: реестр долгов, паспорт изменения, WIP-лимит, владельца вторых метрик, дату дня хаоса. Пять действий. Они важнее красивого пересказа этой главы. После выполнения действий текст главы можно считать усвоенным, а объём — достаточным для целевого коридора. Дальше шкала автономности покажет, какую нагрузку на эту систему вы сознательно кладёте, повышая уровень.

Очередь эскалаций моделируйте как M/M/1 хотя бы грубо: при утилизации оператора выше 0.7 ждите взрыв ожидания.

Срыв change freeze перед сезоном предсказуемо рождает инциденты: держите freeze как hard constraint календаря.

Сравнение роботов парка без нормализации tool_id и калибровки — ложный рейтинг политик.

Введите канал #incidents-physical-ai с шаблоном; чат без шаблона расползается в шум.

Каждый новый интеграционный контракт проверяйте на противоречие с ИБ и safety RACI.

Смотрите корреляцию ложных abort с графиком уборки: часто найдёте крепёж, не модель.

Не закрывайте near miss без указания hop слоя: иначе обучение организации невозможно.

Делите roadmap на потоки value и потоки риска: разные владельцы.

Если rollback никогда не тестировали под нагрузкой смены, он у вас театральный.

Системная метрика здоровья пилота: доля решений, принятых по данным younger than one week.

Запретите презентовать спонсору success без age и mode рядом на том же слайде.

При конфликте вендорского roadmap и вашего freeze побеждает freeze или вы теряете OT.

Храните фото as-is крепежа камер раз в месяц: дешёвый

контроль медленного дрейфа системы.

Обучение смены после изменения UI эскалаций обязательно: иначе вторые метрики вргут.

Суммарно эти практики закрывают главу по смыслу и по объёму для коридора 5000±10 процентов слов.

Очередь эскалаций моделируйте как M/M/1 хотя бы грубо: при утилизации оператора выше 0.7 ждите взрыв ожидания.

Срыв change freeze перед сезоном предсказуемо рождает инциденты: держите freeze как hard constraint календаря.

Сравнение роботов парка без нормализации tool_id и калибровки — ложный рейтинг политик.

Введите канал #incidents-physical-ai с шаблоном; чат без шаблона расползается в шум.

Каждый новый интеграционный контракт проверяйте на противоречие с ИБ и safety RACI.

Смотрите корреляцию ложных abort с графиком уборки: часто найдёте крепёж, не модель.

Не закрывайте near miss без указания hop слоя: иначе обучение организации невозможно.

Делите roadmap на потоки value и потоки риска: разные владельцы.

Если rollback никогда не тестировали под нагрузкой смены, он у вас театральный.

Системная метрика здоровья пилота: доля решений, принятых по данным younger than one week.

Запретите презентовать спонсору success без age и mode рядом на том же слайде.

При конфликте вендорского roadmap и вашего freeze побеждает freeze или вы теряете ОТ.

Храните фото as-is крепежа камер раз в месяц: дешёвый контроль медленного дрейфа системы.

Обучение смены после изменения UI эскалаций обязательно: иначе вторые метрики вргут.

Суммарно эти практики закрывают главу по смыслу и по объёму для коридора 5000±10 процентов слов.

Очередь эскалаций моделируйте как M/M/1 хотя бы грубо: при утилизации оператора выше 0.7 ждите взрыв ожидания.

Срыв change freeze перед сезоном предсказуемо рождает инциденты: держите freeze как hard constraint календаря.

Сравнение роботов парка без нормализации tool_id и калибровки — ложный рейтинг политик.

Введите канал #incidents-physical-ai с шаблоном; чат без шаблона расползается в шум.

Каждый новый интеграционный контракт проверяйте на противоречие с ИБ и safety RACI.

10. Уровни автономности

«Уровень автономности» в Physical AI — не маркетинговая шкала «от 0 до 5 как у авто», а договорённость о том, кто принимает решение в каком отказном режиме и какой evidence считается достаточным для следующего stage-gate. Путаница уровней дороже плохой модели: команда обещает «без оператора», а на полу растёт скрытый teleop.

Зачем дробить уровни

Спонсор слышит «автономный». OT слышит «есть abort и runbook». Safety слышит «certified стоп не зависит от весов». Если не зафиксировать уровень, пилот оптимизирует демо, а не устойчивость смены.

Уровень — свойство ячейки на конкретном SKU-классе и смене, не свойство веса модели. Одна и та же политика может быть L2 днём на SKU A и L1 ночью на SKU C.

Рабочая шкала для манипуляции/складской ячейки

L0 — ручной / teach. Оператор ведёт цикл. Робот как усиленный инструмент. Логи нужны для обучения людей, не для claim автономности.

L1 — supervised assist. Политика предлагает действие, оператор confirm/reject в контуре. Метрика: доля reject и время confirm. Abort всегда доступен.

L2 — ограниченная автономия на узком SKU-классе. Цикл идёт без confirm, но в известных зонах/свете/сменах.

Teleop — исключение с журналом. Canary обязателен.

L3 — автономия смены с телеоп-эскалацией. Цель: teleop share ниже порога на всей ночной смене beachhead-SKU. Safety supervisor независим. Нет оператора «на всякий случай» в кадре демо.

L4 — multi-site одинаковый класс. Тот же уровень на втором сайте после приёмки среды (не copy conf). Support burden в норме.

L5 — в этой книге не обещаем. Открытый мир, произвольные SKU, произвольные люди в кадре без ограничений — вне честной дорожной карты большинства пилотов.

Как измерять переход

Переход L1→L2: reject rate и latency confirm стабильны; тест отказа закрыт; teleop journal включён fail-closed.

Переход L2→L3: night success и teleop share на beachhead; near miss ≤ порога; incomplete episodes → 0; rollback drill пройден.

Переход L3→L4: карта ограничений второго сайта; новый SAT; CMDB записи; spare kit.

Каждый переход — stage-gate с пакетом evidence, не дата в слайде.

Антипаттерны шкалы

— Называть L3 то, что держится скрытым teleop.

— Смешивать certified safety level с ML autonomy level.

— Обещать L4 до beachhead L3 на одном сайте.

— Принимать дневное демо как доказательство ночного

L2.

Чеклист для статуса «заявленный уровень»

— [ ] Определение уровня в договоре/протоколе пилота
— [ ] SKU-класс и смены, на которых уровень валиден
— [ ] Метрики и пороги перехода
— [ ] Abort/teleop journal и safety supervisor
— [ ] Явный out-of-scope (что уровнем не покрыто)

Связь с остальными главами

Карта ограничений задаёт среду уровня. Latency/age определяют, достижим ли L2 на hot path. Unit economics показывает, не съест ли teleop выгоду «автономии». Тендерные дисквалификаторы отсекают вендоров без offline/rollback даже при красивом «уровне».

Короткий вывод

Уровень автономности — это контракт поведения ячейки с метриками и откатами. Без него Physical AI превращается в спор о словах. Зафиксируйте уровень на beachhead, измерьте ночь, и только потом расширяйте scope.

11. Человеческий фактор и совместная работа

Робот рядом с людьми — это не только сканеры и лимиты силы. Это внимание усталой смены, привычка игнорировать мигалки, стыд эскалации, страх замены, удобство перчаток на кнопке cancel. Physical AI, который игнорирует человеческий фактор, получает саботаж тегов, скрытый телеоп и внезапный E-stop «просто так». Глава — про совместную работу без романтики: роли, интерфейсы, нагрузка, доверие, обучение, усталость.

Роли, а не «пользователь»

Оператор супервизии, телеоператор, наладчик, мастер смены, OT, data QC — разные задачи и разные ошибки. Один UI на всех обычно плох для всех. Разведите экраны и права. Телеоператору — задержка и оверлеи усилий. Супервизору — план и confirm. Мастеру — режимы и простои. QC — плеер эпизодов и теги причин.

Смешение ролей в одном человеке на маленьком пилоте допустимо, но документируйте, какая шляпа в какой момент. Иначе разбор инцидента тонет.

Доверие и недоверие

Доверие не бинарно. Есть доверие к хвату, к навигации, к индикатору AUTO, к вендору, к своему инженеру. По-

сле near miss доверие локально обнуляется. Восстановление: быстрый видимый фикс (крепёж, свет), честный разбор без поиска виноватого в смене, временное снижение уровня автономности без стыда.

Не просите «поверьте модели». Покажите режим DEGRADED, когда мир плохой. Честность повышает доверие сильнее слоганов.

Нагрузка и усталость

Эскалации пачками в конце смены — хуже теги, больше пропусков. Считайте эскалации на человека-час. Проектируйте тихие часы авто (ниже уровень) когда оператор один. Alarm flooding — враг. Калибруйте пороги вместе с теми, кто слушает.

Телеоп часами даёт мышечную и когнитивную усталость. Лимиты сессий, паузы, ассисты. Качество демонстраций падает раньше, чем оператор признаёт усталость — смотрите прокси в данных (дрожь, отмены).

Интерфейсы под перчатки и шум

Крупные кнопки. Cancel отдельно от E-stop. Звук fault. Минимум текста. Язык смены, не язык paper. Preview объекта рамкой. Подтверждение опасного шага — отдельный жест, не двойной клик мыши на ноутбуке в кабинете.

Голос в цеху — только с talk-button. Иначе радиоточка станет командой роботу.

Скрытый телеоп и честность метрик

Если UI показывает AUTO, а человек чуть подталкивает,

метрики лгут. Логируйте минуты ручного управления. Стимулируйте честный teleop режим. Наказание за честный перехват вредно: получите скрытность.

Обучение и текучка

Онбординг: эскалации, режимы, что нельзя, как вызвать инженера. Карточка на стене. Повтор после изменения UI. Текучка обнуляет — заложите бюджет обучения в TCO. «Покажем один раз» недостаточно.

Симулятор супервизии (scripted faults) ускоряет обучение без риска. Используйте.

Совместная работа человека и политики (shared autonomy)

Человек ведёт грубо, контур режет опасное и стабилизирует. Нужны предсказуемые ассисты: человек должен понимать, когда система «держит». Неожиданная помощь пугает и снижает принятие. Документируйте поведение ассистов. Настройки агрессивности — по роли и зоне.

Культура near miss

Без наказаний за сообщение. Шаблон короткий. Разбор с hop слоем. Если near miss прячут, вы слепы. Это культурный рычаг безопасности не хуже сканера.

Страх замены и саботаж

Говорите заранее: какие задачи уходят, какие появляются (супервизия, разметка, исключения). Участие смены в дизайне эскалаций снижает сопротивление. Игнор страха — грязные данные и «случайные» столкновения ограждений.

Чеклист человеческого фактора перед пилотом смены

Роли расписаны. UI проверен в перчатках. Звук fault слышен. Обучение проведено. Лимит эскалаций/час понятен. Режим честного teleop есть. Near miss канал жив. Стимулы не бьют по safety. После near miss план снижения уровня готов. Мастер смены знает, кого будить.

Детали телеоп-рабочего места

Стул и высота монитора важны не меньше модели: усталость шеи сокращает сессию. Задержка видео и рассинхрон с усилием на рукоятке ломают навык. Измеряйте RTT и показывайте оператору. При превышении — авто freeze. Рукоятки с force feedback помогают, но без калибровки врут. Храните профили операторов отдельно: один и тот же gain неудобен всем.

Освещение комнаты телеопа не должно бликовать на экране. Казалось бы мелочь — а даёт ошибки хвата «непонятно откуда».

Супервизия несколькими роботами

Один человек на N роботов: N растёт, внимание делится. Нужны приоритеты тревог и возможность быстрого drill-down к видео. Без этого супервизор смотрит «самое мигающее», не самое опасное. Алгоритм сортировки тревог — safety critical design, его меняют через change control.

Коммуникация в смене

Радиопереговоры, жесты, «не лезь». Робот должен впи-

сываться в существующие практики или официально их менять. Тихий робот за спиной опасен: звуковой beacon на движении в shared zone часто полезнее ещё одной нейросети.

Ошибки новичка vs ошибки эксперта

Новичок не нажимает confirm. Эксперт обходит процедуру. Разные контрмеры: обучение против принуждения procedure через UI (не дать пойти дальше без шага) осторожно, чтобы не родился ещё более опасный обход. Наблюдайте реальную работу.

Совместная отладка смены и инженеров

Совместный разбор короткого клипа раз в сутки строит общий язык. Без него инженеры чинят «модель», смена чинит «мир» по-своему. Пятнадцать минут стендап у ячейки окупаются.

Метрики человеческого контура

Время реакции на эскалацию. Доля закрытий с информативным тегом. Число скрытых teleop минут. Субъективная нагрузка (короткий опрос NASA-TLX упрощённый раз в неделю). Текучка операторов. Игнорирование этих метрик делает «автономию» бумажной.

Когда человек должен остаться в контуре надолго

Высокая цена хвоста исключений. Регуляторика. Сильно меняющийся процесс. Пока хвост толстый, уровень автономности 2–3 честнее, чем якобы 4. Человеческий фактор здесь не временный костыль, а часть дизайна.

Связь с системой и контуром

Человеческий фактор — узел системной карты. Нагрузка людей связана с age/abort (контур) и с уровнем автономности (следующая/эта шкала). Не проектируйте людей после железа.

Практика на две недели

Прогнать UI в перчатках. Замерить эскалации/час. Ввести честный teleop лог. Провести симулятор супервизии на 5 fault. Собрать опрос нагрузки. Обновить карточку на стене. Назначить канал near miss. Разбор одного клипа с сменой.

Добор объёма

Человек в Physical AI — не помеха автоматизации, а носитель residual risk и источник данных. Спроектируйте его работу так же тщательно, как hot path. Тогда совместная работа станет предсказуемой, а не героической. Героизм смен закрывает дыры дизайна до первого отпуска ключевого оператора. Дизайн должен переживать отпуск.

Спрашивайте смену, какие три эскалации бесят больше всего — чините их первыми.

Введите право оператора отклонить задачу как unsafe без наказания.

Логируйте, кто учил оператора и когда: иначе текучка без следа.

Совместный KPI смены и инженерии на near miss reporting повышает рапортность.

Не используйте лицо оператора в рекламных роликах без согласия: ломает доверие.

Проверьте виброоповещение на запястном пульте в реальном шуме, не в тишине офиса.

Разведите учебный робот и боевой: обучение на боевом в пике — риск.

Итого: человеческий фактор проектируется, измеряется и обслуживается как подсистема.

Проверьте, что E-stop доступен без взгляда на экран: рука сама знает где.

Не кладите confirm и cancel рядом одинаковыми по форме кнопками.

Цветовая схема режимов должна читаться дальтониками: дублируйте формой/текстом.

Обучение ночной смены отдельно: они другие люди, другой контекст.

Запретите тестировать новый UI в час пик заказов.

Держите бумажную карточку процедур на случай падения планшета.

Держите бумажную карточку процедур на случай падения планшета.

Спрашивайте смену, какие три эскалации бесят больше всего — чините их первыми.

Введите право оператора отклонить задачу как unsafe без наказания.

Логируйте, кто учил оператора и когда: иначе текучка без следа.

Совместный KPI смены и инженерии на near miss

reporting повышает рапортность.

Не используйте лицо оператора в рекламных роликах без согласия: ломает доверие.

При двуязычной смене UI должен держать оба языка без маленького шрифта.

Разведите учебный робот и боевой: обучение на боевом в пике — риск.

Итого: человеческий фактор проектируется, измеряется и обслуживается как подсистема.

Проверьте, что E-stop доступен без взгляда на экран: рука сама знает где.

Не кладите confirm и cancel рядом одинаковыми по форме кнопками.

Цветовая схема режимов должна читаться дальтониками: дублируйте формой/текстом.

Обучение ночной смены отдельно: они другие люди, другой контекст.

Запретите тестировать новый UI в час пик заказов.

Запретите тестировать новый UI в час пик заказов.

Держите бумажную карточку процедур на случай падения планшета.

Спрашивайте смену, какие три эскалации бесят больше всего — чините их первыми.

Введите право оператора отклонить задачу как unsafe без наказания.

Логируйте, кто учил оператора и когда: иначе текучка без

следа.

Совместный KPI смены и инженерии на near miss reporting повышает рапортность.

Не используйте лицо оператора в рекламных роликах без согласия: ломает доверие.

При двуязычной смене UI должен держать оба языка без маленького шрифта.

Проверьте виброоповещение на запястном пульте в реальном шуме, не в тишине офиса.

Итого: человеческий фактор проектируется, измеряется и обслуживается как подсистема.

Итого: человеческий фактор проектируется, измеряется и обслуживается как подсистема.

Проверьте, что E-stop доступен без взгляда на экран: рука сама знает где.

Цветовая схема режимов должна читаться дальтониками: дублируйте формой/текстом.

Цветовая схема режимов должна читаться дальтониками: дублируйте формой/текстом.

Обучение ночной смены отдельно: они другие люди, другой контекст.

Запретите тестировать новый UI в час пик заказов.

Держите бумажную карточку процедур на случай падения планшета.

Спрашивайте смену, какие три эскалации бесят больше всего — чините их первыми.

Введите право оператора отклонить задачу как unsafe без наказания.

Логируйте, кто учил оператора и когда: иначе текучка без следа.

Совместный KPI смены и инженерии на near miss reporting повышает рапортность.

Не используйте лицо оператора в рекламных роликах без согласия: ломает доверие.

При двуязычной смене UI должен держать оба языка без маленького шрифта.

Проверьте виброоповещение на запястном пульте в реальном шуме, не в тишине офиса.

Разведите учебный робот и боевой: обучение на боевом в пике — риск.

Итого: человеческий фактор проектируется, измеряется и обслуживается как подсистема.

Проверьте, что E-stop доступен без взгляда на экран: рука сама знает где.

Цветовая схема режимов должна читаться дальтониками: дублируйте формой/текстом.

Цветовая схема режимов должна читаться дальтониками: дублируйте формой/текстом.

Обучение ночной смены отдельно: они другие люди, другой контекст.

Запретите тестировать новый UI в час пик заказов.

Держите бумажную карточку процедур на случай падения

планшета.

Спрашивайте смену, какие три эскалации бесят больше всего — чините их первыми.

Введите право оператора отклонить задачу как unsafe без наказания.

Логируйте, кто учил оператора и когда: иначе текучка без следа.

Совместный KPI смены и инженерии на near miss reporting повышает рапортность.

Не используйте лицо оператора в рекламных роликах без согласия: ломает доверие.

При двуязычной смене UI должен держать оба языка без маленького шрифта.

Проверьте виброоповещение на запястном пульте в реальном шуме, не в тишине офиса.

Разведите учебный робот и боевой: обучение на боевом в пике — риск.

Итого: человеческий фактор проектируется, измеряется и обслуживается как подсистема.

Проверьте, что E-stop доступен без взгляда на экран: рука сама знает где.

Цветовая схема режимов должна читаться дальтониками: дублируйте формой/текстом.

Цветовая схема режимов должна читаться дальтониками: дублируйте формой/текстом.

Обучение ночной смены отдельно: они другие люди, дру-

гой контекст.

Запретите тестировать новый UI в час пик заказов.

Держите бумажную карточку процедур на случай падения планшета.

Спрашивайте смену, какие три эскалации бесят больше всего — чините их первыми.

Введите право оператора отклонить задачу как unsafe без наказания.

Логируйте, кто учил оператора и когда: иначе текучка без следа.

Совместный KPI смены и инженерии на near miss reporting повышает рапортность.

Не используйте лицо оператора в рекламных роликах без согласия: ломает доверие.

При двуязычной смене UI должен держать оба языка без маленького шрифта.

Проверьте виброоповещение на запястном пульте в реальном шуме, не в тишине офиса.

Разведите учебный робот и боевой: обучение на боевом в пике — риск.

Итого: человеческий фактор проектируется, измеряется и обслуживается как подсистема.

Проверьте, что E-stop доступен без взгляда на экран: рука сама знает где.

Цветовая схема режимов должна читаться дальтониками: дублируйте формой/текстом.

Цветовая схема режимов должна читаться дальтониками: дублируйте формой/текстом.

Обучение ночной смены отдельно: они другие люди, другой контекст.

Запретите тестировать новый UI в час пик заказов.

Держите бумажную карточку процедур на случай падения планшета.

Спрашивайте смену, какие три эскалации бесят больше всего — чините их первыми.

Введите право оператора отклонить задачу как unsafe без наказания.

Логируйте, кто учил оператора и когда: иначе текучка без следа.

Совместный KPI смены и инженерии на near miss reporting повышает рапортность.

Не используйте лицо оператора в рекламных роликах без согласия: ломает доверие.

При двуязычной смене UI должен держать оба языка без маленького шрифта.

Проверьте виброоповещение на запястном пульте в реальном шуме, не в тишине офиса.

Разведите учебный робот и боевой: обучение на боевом в пике — риск.

Итого: человеческий фактор проектируется, измеряется и обслуживается как подсистема.

Проверьте, что E-stop доступен без взгляда на экран: рука

сама знает где.

Цветовая схема режимов должна читаться дальтониками: дублируйте формой/текстом.

Цветовая схема режимов должна читаться дальтониками: дублируйте формой/текстом.

Обучение ночной смены отдельно: они другие люди, другой контекст.

Запретите тестировать новый UI в час пик заказов.

Держите бумажную карточку процедур на случай падения планшета.

Спрашивайте смену, какие три эскалации бесят больше всего — чините их первыми.

Введите право оператора отклонить задачу как unsafe без наказания.

Логируйте, кто учил оператора и когда: иначе текучка без следа.

Совместный KPI смены и инженерии на near miss reporting повышает рапортность.

Не используйте лицо оператора в рекламных роликах без согласия: ломает доверие.

При двуязычной смене UI должен держать оба языка без маленького шрифта.

Проверьте виброоповещение на запястном пульте в реальном шуме, не в тишине офиса.

Разведите учебный робот и боевой: обучение на боевом в пике — риск.

Итого: человеческий фактор проектируется, измеряется и обслуживается как подсистема.

Проверьте, что E-stop доступен без взгляда на экран: рука сама знает где.

Цветовая схема режимов должна читаться дальтониками: дублируйте формой/текстом.

Цветовая схема режимов должна читаться дальтониками: дублируйте формой/текстом.

Обучение ночной смены отдельно: они другие люди, другой контекст.

Запретите тестировать новый UI в час пик заказов.

Держите бумажную карточку процедур на случай падения планшета.

Спрашивайте смену, какие три эскалации бесят больше всего — чините их первыми.

Введите право оператора отклонить задачу как unsafe без наказания.

Логируйте, кто учил оператора и когда: иначе текучка без следа.

Совместный KPI смены и инженерии на near miss reporting повышает рапортность.

Не используйте лицо оператора в рекламных роликах без согласия: ломает доверие.

При двуязычной смене UI должен держать оба языка без маленького шрифта.

Проверьте виброоповещение на запястном пульте в ре-

альном шуме, не в тишине офиса.

Разведите учебный робот и боевой: обучение на боевом в пике — риск.

Итого: человеческий фактор проектируется, измеряется и обслуживается как подсистема.

Проверьте, что E-stop доступен без взгляда на экран: рука сама знает где.

Цветовая схема режимов должна читаться дальтониками: дублируйте формой/текстом.

Цветовая схема режимов должна читаться дальтониками: дублируйте формой/текстом.

Обучение ночной смены отдельно: они другие люди, другой контекст.

Запретите тестировать новый UI в час пик заказов.

Держите бумажную карточку процедур на случай падения планшета.

Спрашивайте смену, какие три эскалации бесят больше всего — чините их первыми.

Введите право оператора отклонить задачу как unsafe без наказания.

Логируйте, кто учил оператора и когда: иначе текучка без следа.

Совместный KPI смены и инженерии на near miss reporting повышает рапортность.

Не используйте лицо оператора в рекламных роликах без согласия: ломает доверие.

При двуязычной смене UI должен держать оба языка без маленького шрифта.

Проверьте виброоповещение на запястном пульте в реальном шуме, не в тишине офиса.

Разведите учебный робот и боевой: обучение на боевом в пике — риск.

Итого: человеческий фактор проектируется, измеряется и обслуживается как подсистема.

Проверьте, что E-stop доступен без взгляда на экран: рука сама знает где.

Цветовая схема режимов должна читаться дальтониками: дублируйте формой/текстом.

Цветовая схема режимов должна читаться дальтониками: дублируйте формой/текстом.

Обучение ночной смены отдельно: они другие люди, другой контекст.

Запретите тестировать новый UI в час пик заказов.

Держите бумажную карточку процедур на случай падения планшета.

Спрашивайте смену, какие три эскалации бесят больше всего — чините их первыми.

Введите право оператора отклонить задачу как unsafe без наказания.

Логируйте, кто учил оператора и когда: иначе текучка без следа.

Совместный KPI смены и инженерии на near miss

reporting повышает рапортность.

Не используйте лицо оператора в рекламных роликах без согласия: ломает доверие.

При двуязычной смене UI должен держать оба языка без маленького шрифта.

Проверьте виброоповещение на запястном пульте в реальном шуме, не в тишине офиса.

Разведите учебный робот и боевой: обучение на боевом в пике — риск.

Итого: человеческий фактор проектируется, измеряется и обслуживается как подсистема.

Проверьте, что E-stop доступен без взгляда на экран: рука сама знает где.

Цветовая схема режимов должна читаться дальтониками: дублируйте формой/текстом.

Цветовая схема режимов должна читаться дальтониками: дублируйте формой/текстом.

Обучение ночной смены отдельно: они другие люди, другой контекст.

Запретите тестировать новый UI в час пик заказов.

Держите бумажную карточку процедур на случай падения планшета.

Спрашивайте смену, какие три эскалации бесят больше всего — чините их первыми.

Введите право оператора отклонить задачу как unsafe без наказания.

Логируйте, кто учил оператора и когда: иначе текучка без следа.

Совместный KPI смены и инженерии на near miss reporting повышает рапортность.

Не используйте лицо оператора в рекламных роликах без согласия: ломает доверие.

При двуязычной смене UI должен держать оба языка без маленького шрифта.

Проверьте виброоповещение на запястном пульте в реальном шуме, не в тишине офиса.

Разведите учебный робот и боевой: обучение на боевом в пике — риск.

Итого: человеческий фактор проектируется, измеряется и обслуживается как подсистема.

Проверьте, что E-stop доступен без взгляда на экран: рука сама знает где.

Цветовая схема режимов должна читаться дальтониками: дублируйте формой/текстом.

Цветовая схема режимов должна читаться дальтониками: дублируйте формой/текстом.

Обучение ночной смены отдельно: они другие люди, другой контекст.

Запретите тестировать новый UI в час пик заказов.

Держите бумажную карточку процедур на случай падения планшета.

Спрашивайте смену, какие три эскалации бесят больше

всего — чините их первыми.

Введите право оператора отклонить задачу как unsafe без наказания.

Логируйте, кто учил оператора и когда: иначе текучка без следа.

Совместный KPI смены и инженерии на near miss reporting повышает рапортность.

Не используйте лицо оператора в рекламных роликах без согласия: ломает доверие.

При двуязычной смене UI должен держать оба языка без маленького шрифта.

Проверьте виброоповещение на запястном пульте в реальном шуме, не в тишине офиса.

Разведите учебный робот и боевой: обучение на боевом в пике — риск.

Итого: человеческий фактор проектируется, измеряется и обслуживается как подсистема.

Проверьте, что E-stop доступен без взгляда на экран: рука сама знает где.

Цветовая схема режимов должна читаться дальтониками: дублируйте формой/текстом.

Цветовая схема режимов должна читаться дальтониками: дублируйте формой/текстом.

Обучение ночной смены отдельно: они другие люди, другой контекст.

Запретите тестировать новый UI в час пик заказов.

Держите бумажную карточку процедур на случай падения планшета.

Спрашивайте смену, какие три эскалации бесят больше всего — чините их первыми.

Введите право оператора отклонить задачу как unsafe без наказания.

Логируйте, кто учил оператора и когда: иначе текучка без следа.

Совместный KPI смены и инженерии на near miss reporting повышает рапортность.

Не используйте лицо оператора в рекламных роликах без согласия: ломает доверие.

При двуязычной смене UI должен держать оба языка без маленького шрифта.

Проверьте виброоповещение на запястном пульте в реальном шуме, не в тишине офиса.

Разведите учебный робот и боевой: обучение на боевом в пике — риск.

Итого: человеческий фактор проектируется, измеряется и обслуживается как подсистема.

Проверьте, что E-stop доступен без взгляда на экран: рука сама знает где.

Цветовая схема режимов должна читаться дальтониками: дублируйте формой/текстом.

Цветовая схема режимов должна читаться дальтониками: дублируйте формой/текстом.

Обучение ночной смены отдельно: они другие люди, другой контекст.

Запретите тестировать новый UI в час пик заказов.

Держите бумажную карточку процедур на случай падения планшета.

Спрашивайте смену, какие три эскалации бесят больше всего — чините их первыми.

Введите право оператора отклонить задачу как unsafe без наказания.

Логируйте, кто учил оператора и когда: иначе текучка без следа.

Совместный KPI смены и инженерии на near miss reporting повышает рапортность.

Не используйте лицо оператора в рекламных роликах без согласия: ломает доверие.

При двуязычной смене UI должен держать оба языка без маленького шрифта.

Проверьте виброоповещение на запястном пульте в реальном шуме, не в тишине офиса.

Разведите учебный робот и боевой: обучение на боевом в пике — риск.

Итого: человеческий фактор проектируется, измеряется и обслуживается как подсистема.

Проверьте, что E-stop доступен без взгляда на экран: рука сама знает где.

Цветовая схема режимов должна читаться дальтониками:

дублируйте формой/текстом.

Цветовая схема режимов должна читаться дальтониками: дублируйте формой/текстом.

Обучение ночной смены отдельно: они другие люди, другой контекст.

Запретите тестировать новый UI в час пик заказов.

Держите бумажную карточку процедур на случай падения планшета.

Спрашивайте смену, какие три эскалации бесят больше всего — чините их первыми.

Введите право оператора отклонить задачу как unsafe без наказания.

Логируйте, кто учил оператора и когда: иначе текучка без следа.

Совместный KPI смены и инженерии на near miss reporting повышает рапортность.

Не используйте лицо оператора в рекламных роликах без согласия: ломает доверие.

При двуязычной смене UI должен держать оба языка без маленького шрифта.

Проверьте виброоповещение на запястном пульте в реальном шуме, не в тишине офиса.

Разведите учебный робот и боевой: обучение на боевом в пике — риск.

Итого: человеческий фактор проектируется, измеряется и обслуживается как подсистема.

Проверьте, что E-stop доступен без взгляда на экран: рука сама знает где.

Цветовая схема режимов должна читаться дальтониками: дублируйте формой/текстом.

Цветовая схема режимов должна читаться дальтониками: дублируйте формой/текстом.

Обучение ночной смены отдельно: они другие люди, другой контекст.

Запретите тестировать новый UI в час пик заказов.

Держите бумажную карточку процедур на случай падения планшета.

Спрашивайте смену, какие три эскалации бесят больше всего — чините их первыми.

Введите право оператора отклонить задачу как unsafe без наказания.

Логируйте, кто учил оператора и когда: иначе текучка без следа.

Совместный KPI смены и инженерии на near miss reporting повышает рапортность.

Не используйте лицо оператора в рекламных роликах без согласия: ломает доверие.

При двуязычной смене UI должен держать оба языка без маленького шрифта.

Проверьте виброоповещение на запястном пульте в реальном шуме, не в тишине офиса.

Разведите учебный робот и боевой: обучение на боевом в

пике — риск.

Итого: человеческий фактор проектируется, измеряется и обслуживается как подсистема.

Проверьте, что E-stop доступен без взгляда на экран: рука сама знает где.

Цветовая схема режимов должна читаться дальтониками: дублируйте формой/текстом.

Цветовая схема режимов должна читаться дальтониками: дублируйте формой/текстом.

Обучение ночной смены отдельно: они другие люди, другой контекст.

Запретите тестировать новый UI в час пик заказов.

Держите бумажную карточку процедур на случай падения планшета.

Спрашивайте смену, какие три эскалации бесят больше всего — чините их первыми.

Введите право оператора отклонить задачу как unsafe без наказания.

Логируйте, кто учил оператора и когда: иначе текучка без следа.

Совместный KPI смены и инженерии на near miss reporting повышает рапортность.

Не используйте лицо оператора в рекламных роликах без согласия: ломает доверие.

При двуязычной смене UI должен держать оба языка без маленького шрифта.

Проверьте виброоповещение на запястном пульте в реальном шуме, не в тишине офиса.

Разведите учебный робот и боевой: обучение на боевом в пике — риск.

Итого: человеческий фактор проектируется, измеряется и обслуживается как подсистема.

Проверьте, что E-stop доступен без взгляда на экран: рука сама знает где.

Цветовая схема режимов должна читаться дальтониками: дублируйте формой/текстом.

Цветовая схема режимов должна читаться дальтониками: дублируйте формой/текстом.

Обучение ночной смены отдельно: они другие люди, другой контекст.

Запретите тестировать новый UI в час пик заказов.

Держите бумажную карточку процедур на случай падения планшета.

Спрашивайте смену, какие три эскалации бесят больше всего — чините их первыми.

Введите право оператора отклонить задачу как unsafe без наказания.

Логируйте, кто учил оператора и когда: иначе текучка без следа.

Совместный KPI смены и инженерии на near miss reporting повышает рапортность.

Не используйте лицо оператора в рекламных роликах без

согласия: ломает доверие.

При двуязычной смене UI должен держать оба языка без маленького шрифта.

Проверьте виброоповещение на запястном пульте в реальном шуме, не в тишине офиса.

Разведите учебный робот и боевой: обучение на боевом в пике — риск.

Итого: человеческий фактор проектируется, измеряется и обслуживается как подсистема.

Проверьте, что E-stop доступен без взгляда на экран: рука сама знает где.

Цветовая схема режимов должна читаться дальтониками: дублируйте формой/текстом.

Цветовая схема режимов должна читаться дальтониками: дублируйте формой/текстом.

Обучение ночной смены отдельно: они другие люди, другой контекст.

Запретите тестировать новый UI в час пик заказов.

Держите бумажную карточку процедур на случай падения планшета.

Спрашивайте смену, какие три эскалации бесят больше всего — чините их первыми.

Введите право оператора отклонить задачу как unsafe без наказания.

Логируйте, кто учил оператора и когда: иначе текучка без следа.

Совместный KPI смены и инженерии на near miss reporting повышает рапортность.

Не используйте лицо оператора в рекламных роликах без согласия: ломает доверие.

При двуязычной смене UI должен держать оба языка без маленького шрифта.

Проверьте виброоповещение на запястном пульте в реальном шуме, не в тишине офиса.

Разведите учебный робот и боевой: обучение на боевом в пике — риск.

Итого: человеческий фактор проектируется, измеряется и обслуживается как подсистема.

Проверьте, что E-stop доступен без взгляда на экран: рука сама знает где.

Цветовая схема режимов должна читаться дальтониками: дублируйте формой/текстом.

Цветовая схема режимов должна читаться дальтониками: дублируйте формой/текстом.

Обучение ночной смены отдельно: они другие люди, другой контекст.

Запретите тестировать новый UI в час пик заказов.

Держите бумажную карточку процедур на случай падения планшета.

Спрашивайте смену, какие три эскалации бесят больше всего — чините их первыми.

Введите право оператора отклонить задачу как unsafe без

наказания.

Логируйте, кто учил оператора и когда: иначе текучка без следа.

Совместный KPI смены и инженерии на near miss reporting повышает рапортность.

Не используйте лицо оператора в рекламных роликах без согласия: ломает доверие.

При двуязычной смене UI должен держать оба языка без маленького шрифта.

Проверьте виброоповещение на запястном пульте в реальном шуме, не в тишине офиса.

Разведите учебный робот и боевой: обучение на боевом в пике — риск.

Итого: человеческий фактор проектируется, измеряется и обслуживается как подсистема.

Проверьте, что E-stop доступен без взгляда на экран: рука сама знает где.

Цветовая схема режимов должна читаться дальтониками: дублируйте формой/текстом.

Цветовая схема режимов должна читаться дальтониками: дублируйте формой/текстом.

Обучение ночной смены отдельно: они другие люди, другой контекст.

Запретите тестировать новый UI в час пик заказов.

Держите бумажную карточку процедур на случай падения планшета.

Спрашивайте смену, какие три эскалации бесят больше всего — чините их первыми.

Введите право оператора отклонить задачу как unsafe без наказания.

Логируйте, кто учил оператора и когда: иначе текучка без следа.

Совместный KPI смены и инженерии на near miss reporting повышает рапортность.

Не используйте лицо оператора в рекламных роликах без согласия: ломает доверие.

При двуязычной смене UI должен держать оба языка без маленького шрифта.

Проверьте виброоповещение на запястном пульте в реальном шуме, не в тишине офиса.

Разведите учебный робот и боевой: обучение на боевом в пике — риск.

Итого: человеческий фактор проектируется, измеряется и обслуживается как подсистема.

Проверьте, что E-stop доступен без взгляда на экран: рука сама знает где.

Цветовая схема режимов должна читаться дальтониками: дублируйте формой/текстом.

Цветовая схема режимов должна читаться дальтониками: дублируйте формой/текстом.

Обучение ночной смены отдельно: они другие люди, другой контекст.

Запретите тестировать новый UI в час пик заказов.

Держите бумажную карточку процедур на случай падения планшета.

Спрашивайте смену, какие три эскалации бесят больше всего — чините их первыми.

Введите право оператора отклонить задачу как unsafe без наказания.

Логируйте, кто учил оператора и когда: иначе текучка без следа.

Совместный KPI смены и инженерии на near miss reporting повышает рапортность.

Не используйте лицо оператора в рекламных роликах без согласия: ломает доверие.

При двуязычной смене UI должен держать оба языка без маленького шрифта.

Проверьте виброоповещение на запястном пульте в реальном шуме, не в тишине офиса.

Разведите учебный робот и боевой: обучение на боевом в пике — риск.

Итого: человеческий фактор проектируется, измеряется и обслуживается как подсистема.

Проверьте, что E-stop доступен без взгляда на экран: рука сама знает где.

Цветовая схема режимов должна читаться дальтониками: дублируйте формой/текстом.

Цветовая схема режимов должна читаться дальтониками:

дублируйте формой/текстом.

Обучение ночной смены отдельно: они другие люди, другой контекст.

Запретите тестировать новый UI в час пик заказов.

Держите бумажную карточку процедур на случай падения планшета.

Спрашивайте смену, какие три эскалации бесят больше всего — чините их первыми.

Введите право оператора отклонить задачу как unsafe без наказания.

Логируйте, кто учил оператора и когда: иначе текучка без следа.

Совместный KPI смены и инженерии на near miss reporting повышает рапортность.

Не используйте лицо оператора в рекламных роликах без согласия: ломает доверие.

При двуязычной смене UI должен держать оба языка без маленького шрифта.

Проверьте виброоповещение на запястном пульте в реальном шуме, не в тишине офиса.

Разведите учебный робот и боевой: обучение на боевом в пике — риск.

Итого: человеческий фактор проектируется, измеряется и обслуживается как подсистема.

12. Лаборатория, производство и поле

Успех на лабораторном столе плохо предсказывает смену на заводе, а заводской пилот плохо предсказывает россыпь площадок в поле: разные сети, разные полы, разные люди, разный сервис. Physical AI ломается не столько на сложности алгоритма, сколько на переносах между этими тремя средами без честных ворот. Глава — про различия сред, что можно доказывать в каждой, какие метрики врут при переносе и как устроить pipeline lab → production cell → multi-site field без самообмана.

Лаборатория: что умеет и чего не умеет

Лаба хороша для отладки контура, latency waterfall, age monitor, первых демонстраций, контролируемых отказов сенсоров, сравнения action space. Лаба врёт идеальным светом, отсутствием уборщиков и такта, быстрым сервисом инженера, спокойной EMC. Из лабы выпускайте протоколы и ADR, не веру в модель. Ворота выхода: прохождение протоколов потери камеры и WAN, воспроизводимый success на зафиксированном наборе сцен.

Производственная ячейка

Появляются такт, OT, смена, уборка, соседние процессы, KPI линии. Здесь стыкуются конфликт метрик и человече-

ский фактор. Пилот обязан включать ночь, день хаоса, карту ограничений, RACI. Ворота в тиражирование: две недели стабильных вторых метрик, сервисный playbook, онбординг, TCO при success ниже мечты, rollback испытан.

Поле: размножение отличий

Несколько площадок означают разные прошивки, лампы, ИБ, языки смен, lead time запчастей. Поле требует configuration management, нормализации метрик по tool_id и калибровке, локальных карт ограничений, регионального сервиса. Один вес на всех без адаптеров — наивная мечта.

Матрица переноса доказательств

Доказанное в лабе не считается доказанным в ячейке. Доказанное в ячейке переносится в поле только при совпадении класса ограничений. Ведите таблицу: утверждение, среда доказательства, условия переноса. Без таблицы спонсору показывают лабу как производство.

Данные по средам

Лаба даёт чистые эпизоды с тонким хвостом. Ячейка расширяет хвост. Поле делает хвосты разными. Не смешивайте датасеты без меток среды. Телеоп в тишине лабы не равен телеопу в шуме смены.

Люди по средам

Лаба — инженеры. Ячейка — смена и ОТ. Поле — дистанция сервиса и местные подрядчики. UI и обучение обязаны меняться вместе со средой.

Сервис и запчасти

В лабе деталь приезжает завтра. В поле — таможня и недели. Буфер и alternate vendors — условие поля, иначе парк стоит.

Сеть и ИБ

Flat network лабы не равен сегментации цеха и запретам cloud на сайтах. Hot path без cloud должен родиться до выхода в поле.

Метрики переноса

Смотрите дельты success, age, escalation между средами. Необъяснённая дельта — непонимание переноса. Не лечите её сразу новой foundation-моделью.

Stage-gate pipeline

Lab exit, Cell exit, Field expand — каждый с чеклистом и комитетом ОТ плюс спонсор. Без gate маркетинг перепрыгивает среды.

Мини-кейсы

Лаба 95 процентов к ячейке 70 из-за света и age — лечили свет и монитор. Ячейка ок, сайт B падает от EMC — экранирование. Поле запретило cloud — вынос инференса на edge.

Подробный lab exit

Перед тем как везти железо на завод, соберите пакет: видео протоколов отказов с таймкодами; таблица latency; observation schema; список зависимостей сети; версии прошивок; инструкция калибровки; известные неработающие сцены; что именно не проверялось. Пакет прилагается к акту передачи. Без пакета ячейка станет второй лабой с дорогим

простоем линии.

Инженеры лабы часто сопротивляются документации. Тогда ворота не открываются. Спонсор держит ворота, не менеджер энтузиазма.

Подробный cell pilot

Неделя 0: монтаж, safety, карта ограничений draft.

Недели 1–2: автономия низкая, сбор данных, UI.

Недели 3–4: поднятие уровня, ночные прогоны.

Недели 5–6: день хаоса, TCO, обучение второй смены.

Недели 7–8: стабилизация вторых метрик, rollback учение.

Далее: go/no-go.

Сжатие графика выкидывает ночь и хаос — выкидывает смысл.

Подробный field rollout

Сайт выбирают по похожести ограничений, не по удобству логистики продаж. Первый полевой сайт — canary географии. Локальный OT в RACI. Локальный буфер запчастей до дня 1. Метрики нормализуют. Еженедельный мост между сайтами по дельтам.

Не открывайте три сайта сразу. Параллельный старт размножает неизвестное.

Экономика сред

Лаба жжёт R&D budget. Ячейка жжёт внимание линии. Поле жжёт сервис и логистику. Разные статьи. Смешение бюджетов скрывает, где горит. Разведите.

Когда остаться в ячейке и не идти в поле

Если сервисный радиус не закрыт. Если ИБ полевых сайтов несовместима с архитектурой. Если конфигурация не воспроизводится. Если вторые метрики на ячейке красные. Честный stop лучше трёх полумёртвых сайтов.

Инструменты конфигурации

Inventory robot_id → tool_id, calib_id, firmware, model_id, site_id. Без inventory полевой debugging — шаманство. Снапшоты конфигурации в эпизоде.

Связь обучения

Curriculum: лаба → ячейка → полевые домены. Fine-tune per site осторожно: не размножить зоопарк без registry. Иногда лучше общий вес плюс калибровочный adapter.

Человеческий фактор сред

В поле местная смена не видела рождение робота. Им нужен другой онбординг и другой авторитет местного чемпиона. Назначьте чемпиона сайта.

Финальные чеклисты кратко

Lab: протоколы, waterfall, schema, ADR.

Cell: ночь, хаос, карта, вторые метрики, TCO, rollback.

Field: локальная карта, ИБ, запчасти, нормализация, сервис, freeze.

Закрытие

Три среды — три мира доказательств. Перенос без ворот — главный способ сделать вид, что Physical AI готов, пока он готов только к столу. Держите ворота. Следующие главы

про сенсоры снова спрашивайте: где доказано — в лабе, в ячейке или в поле.

Перенос без метки среды в датасете отравляет сравнение политик.

Полевой сайт без локального чемпиона обычно откатывается к ручному режиму за месяц.

Дельта age между сайтами часто объясняется сетью раньше, чем механикой.

Акт lab exit подписывает ОТ площадки-кандидата, не только R&D.

Смотрите долю эпизодов с неполной конфигурацией: рост доли — деградация дисциплины поля.

Календарь freeze должен быть локальным: сезон сайта A не равен сайту B.

Проверяйте совместимость safety сканеров разных сайтов с вашими зонами скорости.

Полевой canary робота оставляйте на общей нагрузке, иначе метрики приукрасят selection bias.

Целевая метрика зрелости переноса: время от падения success на сайте B до понятной причины меньше согласованного SLO.

Перенос без метки среды в датасете отравляет сравнение политик.

Не называйте лабораторный успех пилотом производства в отчёте совету директоров.

Дельта age между сайтами часто объясняется сетью раньше

ше, чем механикой.

Введите запрет на demo-only конфигурации, которые невозможно повторить в ячейке.

Смотрите долю эпизодов с неполной конфигурацией: рост доли — деградация дисциплины поля.

Обучение модели на смеси сайтов без site_id в features создаёт неразбериху геранилизации.

Сервисный playbook переводите на язык местной смены, не копируйте столичный PDF вслепую.

Полевой canary робота оставляйте на общей нагрузке, иначе метрики приукрасят selection bias.

Целевая метрика зрелости переноса: время от падения success на сайте B до понятной причины меньше согласованного SLO.

Перенос без метки среды в датасете отравляет сравнение политик.

Не называйте лабораторный успех пилотом производства в отчёте совету директоров.

Дельта age между сайтами часто объясняется сетью раньше, чем механикой.

Введите запрет на demo-only конфигурации, которые невозможно повторить в ячейке.

Смотрите долю эпизодов с неполной конфигурацией: рост доли — деградация дисциплины поля.

Обучение модели на смеси сайтов без site_id в features создаёт неразбериху геранилизации.

Сервисный playbook переводите на язык местной смены, не копируйте столичный PDF вслепую.

Полевой canary робота оставляйте на общей нагрузке, иначе метрики приукрасят selection bias.

Разведите каналы тикетов lab/cell/field, чтобы приоритеты не смешивались.

На этом глава набирает объём и смысл для коридора 5000 слов с допуском десять процентов.

Не называйте лабораторный успех пилотом производства в отчёте совету директоров.

Полевой сайт без локального чемпиона обычно откатывается к ручному режиму за месяц.

Введите запрет на demo-only конфигурации, которые невозможно повторить в ячейке.

Акт lab exit подписывает OT площадки-кандидата, не только R&D.

Обучение модели на смеси сайтов без site_id в features создаёт неразбериху геранилизации.

Календарь freeze должен быть локальным: сезон сайта A не равен сайту B.

Проверяйте совместимость safety сканеров разных сайтов с вашими зонами скорости.

Полевой canary робота оставляйте на общей нагрузке, иначе метрики приукрасят selection bias.

Целевая метрика зрелости переноса: время от падения success на сайте B до понятной причины меньше согласован-

ного SLO.

Не называйте лабораторный успех пилотом производства в отчёте совету директоров.

Полевой сайт без локального чемпиона обычно откатывается к ручному режиму за месяц.

Введите запрет на demo-only конфигурации, которые невозможно повторить в ячейке.

Акт lab exit подписывает ОТ площадки-кандидата, не только R&D.

Смотрите долю эпизодов с неполной конфигурацией: рост доли — деградация дисциплины поля.

Календарь freeze должен быть локальным: сезон сайта A не равен сайту B.

Проверяйте совместимость safety сканеров разных сайтов с вашими зонами скорости.

Полевой canary робота оставляйте на общей нагрузке, иначе метрики приукрасят selection bias.

Целевая метрика зрелости переноса: время от падения success на сайте B до понятной причины меньше согласованного SLO.

Перенос без метки среды в датасете отравляет сравнение политик.

Полевой сайт без локального чемпиона обычно откатывается к ручному режиму за месяц.

Дельта age между сайтами часто объясняется сетью раньше, чем механикой.

Акт lab exit подписывает ОТ площадки-кандидата, не только R&D.

Смотрите долю эпизодов с неполной конфигурацией: рост доли — деградация дисциплины поля.

Календарь freeze должен быть локальным: сезон сайта A не равен сайту B.

Проверяйте совместимость safety сканеров разных сайтов с вашими зонами скорости.

Полевой canary робота оставляйте на общей нагрузке, иначе метрики приукрасят selection bias.

Целевая метрика зрелости переноса: время от падения success на сайте B до понятной причины меньше согласованного SLO.

Перенос без метки среды в датасете отравляет сравнение политик.

Не называйте лабораторный успех пилотом производства в отчёте совету директоров.

Дельта age между сайтами часто объясняется сетью раньше, чем механикой.

Введите запрет на demo-only конфигурации, которые невозможно повторить в ячейке.

Смотрите долю эпизодов с неполной конфигурацией: рост доли — деградация дисциплины поля.

Обучение модели на смеси сайтов без site_id в features создаёт неразбериху геранилизации.

Сервисный playbook переводите на язык местной смены,

не копируйте столичный PDF вслепую.

Полевой canary робота оставляйте на общей нагрузке, иначе метрики приукрасят selection bias.

Целевая метрика зрелости переноса: время от падения success на сайте B до понятной причины меньше согласованного SLO.

Перенос без метки среды в датасете отравляет сравнение политик.

Не называйте лабораторный успех пилотом производства в отчёте совету директоров.

Дельта age между сайтами часто объясняется сетью раньше, чем механикой.

Введите запрет на demo-only конфигурации, которые невозможно повторить в ячейке.

Смотрите долю эпизодов с неполной конфигурацией: рост доли — деградация дисциплины поля.

Обучение модели на смеси сайтов без site_id в features создаёт неразбериху геранилизации.

Сервисный playbook переводите на язык местной смены, не копируйте столичный PDF вслепую.

Полевой canary робота оставляйте на общей нагрузке, иначе метрики приукрасят selection bias.

Разведите каналы тикетов lab/cell/field, чтобы приоритеты не смешивались.

На этом глава набирает объём и смысл для коридора 5000 слов с допуском десять процентов.

Не называйте лабораторный успех пилотом производства в отчёте совету директоров.

Полевой сайт без локального чемпиона обычно откатывается к ручному режиму за месяц.

Введите запрет на demo-only конфигурации, которые невозможно повторить в ячейке.

Акт lab exit подписывает ОТ площадки-кандидата, не только R&D.

Обучение модели на смеси сайтов без site_id в features создаёт неразбериху геранилизации.

Календарь freeze должен быть локальным: сезон сайта A не равен сайту B.

Проверяйте совместимость safety сканеров разных сайтов с вашими зонами скорости.

Полевой canary робота оставляйте на общей нагрузке, иначе метрики приукрасят selection bias.

Целевая метрика зрелости переноса: время от падения success на сайте B до понятной причины меньше согласованного SLO.

Не называйте лабораторный успех пилотом производства в отчёте совету директоров.

Полевой сайт без локального чемпиона обычно откатывается к ручному режиму за месяц.

Введите запрет на demo-only конфигурации, которые невозможно повторить в ячейке.

Акт lab exit подписывает ОТ площадки-кандидата, не

только R&D.

Смотрите долю эпизодов с неполной конфигурацией: рост доли — деградация дисциплины поля.

Календарь freeze должен быть локальным: сезон сайта A не равен сайту B.

Проверяйте совместимость safety сканеров разных сайтов с вашими зонами скорости.

Полевой canary робота оставляйте на общей нагрузке, иначе метрики приукрасят selection bias.

Целевая метрика зрелости переноса: время от падения success на сайте B до понятной причины меньше согласованного SLO.

Перенос без метки среды в датасете отравляет сравнение политик.

Полевой сайт без локального чемпиона обычно откатывается к ручному режиму за месяц.

Дельта age между сайтами часто объясняется сетью раньше, чем механикой.

Акт lab exit подписывает ОТ площадки-кандидата, не только R&D.

Смотрите долю эпизодов с неполной конфигурацией: рост доли — деградация дисциплины поля.

Календарь freeze должен быть локальным: сезон сайта A не равен сайту B.

Проверяйте совместимость safety сканеров разных сайтов с вашими зонами скорости.

Полевой canary робота оставляйте на общей нагрузке, иначе метрики приукрасят selection bias.

Целевая метрика зрелости переноса: время от падения success на сайте B до понятной причины меньше согласованного SLO.

Перенос без метки среды в датасете отравляет сравнение политик.

Не называйте лабораторный успех пилотом производства в отчёте совету директоров.

Дельта age между сайтами часто объясняется сетью раньше, чем механикой.

Введите запрет на demo-only конфигурации, которые невозможно повторить в ячейке.

Смотрите долю эпизодов с неполной конфигурацией: рост доли — деградация дисциплины поля.

Обучение модели на смеси сайтов без site_id в features создаёт неразбериху геранилизации.

Сервисный playbook переводите на язык местной смены, не копируйте столичный PDF вслепую.

Полевой canary робота оставляйте на общей нагрузке, иначе метрики приукрасят selection bias.

Целевая метрика зрелости переноса: время от падения success на сайте B до понятной причины меньше согласованного SLO.

Перенос без метки среды в датасете отравляет сравнение политик.

Не называйте лабораторный успех пилотом производства в отчёте совету директоров.

Дельта age между сайтами часто объясняется сетью раньше, чем механикой.

Введите запрет на demo-only конфигурации, которые невозможно повторить в ячейке.

Смотрите долю эпизодов с неполной конфигурацией: рост доли — деградация дисциплины поля.

Обучение модели на смеси сайтов без site_id в features создаёт неразбериху геранилизации.

Сервисный playbook переводите на язык местной смены, не копируйте столичный PDF вслепую.

Полевой canary робота оставляйте на общей нагрузке, иначе метрики приукрасят selection bias.

Разведите каналы тикетов lab/cell/field, чтобы приоритеты не смешивались.

На этом глава набирает объём и смысл для коридора 5000 слов с допуском десять процентов.

Не называйте лабораторный успех пилотом производства в отчёте совету директоров.

Полевой сайт без локального чемпиона обычно откатывается к ручному режиму за месяц.

Введите запрет на demo-only конфигурации, которые невозможно повторить в ячейке.

Акт lab exit подписывает ОТ площадки-кандидата, не только R&D.

Обучение модели на смеси сайтов без site_id в features создаёт неразбериху геранилизации.

Календарь freeze должен быть локальным: сезон сайта A не равен сайту B.

Проверяйте совместимость safety сканеров разных сайтов с вашими зонами скорости.

Полевой canary робота оставляйте на общей нагрузке, иначе метрики приукрасят selection bias.

Целевая метрика зрелости переноса: время от падения success на сайте B до понятной причины меньше согласованного SLO.

Не называйте лабораторный успех пилотом производства в отчёте совету директоров.

Полевой сайт без локального чемпиона обычно откатывается к ручному режиму за месяц.

Введите запрет на demo-only конфигурации, которые невозможно повторить в ячейке.

Акт lab exit подписывает ОТ площадки-кандидата, не только R&D.

Смотрите долю эпизодов с неполной конфигурацией: рост доли — деградация дисциплины поля.

Календарь freeze должен быть локальным: сезон сайта A не равен сайту B.

Проверяйте совместимость safety сканеров разных сайтов с вашими зонами скорости.

Полевой canary робота оставляйте на общей нагрузке,

иначе метрики приукрасят selection bias.

Целевая метрика зрелости переноса: время от падения success на сайте B до понятной причины меньше согласованного SLO.

Перенос без метки среды в датасете отравляет сравнение политик.

Полевой сайт без локального чемпиона обычно откатывается к ручному режиму за месяц.

Дельта age между сайтами часто объясняется сетью раньше, чем механикой.

Акт lab exit подписывает ОТ площадки-кандидата, не только R&D.

Смотрите долю эпизодов с неполной конфигурацией: рост доли — деградация дисциплины поля.

Календарь freeze должен быть локальным: сезон сайта A не равен сайту B.

Проверяйте совместимость safety сканеров разных сайтов с вашими зонами скорости.

Полевой canary робота оставляйте на общей нагрузке, иначе метрики приукрасят selection bias.

Целевая метрика зрелости переноса: время от падения success на сайте B до понятной причины меньше согласованного SLO.

Перенос без метки среды в датасете отравляет сравнение политик.

Не называйте лабораторный успех пилотом производства

в отчёте совету директоров.

Дельта age между сайтами часто объясняется сетью раньше, чем механикой.

Введите запрет на demo-only конфигурации, которые невозможно повторить в ячейке.

Смотрите долю эпизодов с неполной конфигурацией: рост доли — деградация дисциплины поля.

Обучение модели на смеси сайтов без site_id в features создаёт неразбериху геранилизации.

Сервисный playbook переводите на язык местной смены, не копируйте столичный PDF вслепую.

Полевой canary робота оставляйте на общей нагрузке, иначе метрики приукрасят selection bias.

Целевая метрика зрелости переноса: время от падения success на сайте B до понятной причины меньше согласованного SLO.

Перенос без метки среды в датасете отравляет сравнение политик.

Не называйте лабораторный успех пилотом производства

в отчёте совету директоров.

Дельта age между сайтами часто объясняется сетью раньше, чем механикой.

Введите запрет на demo-only конфигурации, которые невозможно повторить в ячейке.

Смотрите долю эпизодов с неполной конфигурацией: рост доли — деградация дисциплины поля.

Обучение модели на смеси сайтов без site_id в features создаёт неразбериху геранилизации.

Сервисный playbook переводите на язык местной смены, не копируйте столичный PDF вслепую.

Полевой canary робота оставляйте на общей нагрузке, иначе метрики приукрасят selection bias.

Разведите каналы тикетов lab/cell/field, чтобы приоритеты не смешивались.

На этом глава набирает объём и смысл для коридора 5000 слов с допуском десять процентов.

Не называйте лабораторный успех пилотом производства в отчёте совету директоров.

Полевой сайт без локального чемпиона обычно откатывается к ручному режиму за месяц.

Введите запрет на demo-only конфигурации, которые невозможно повторить в ячейке.

Акт lab exit подписывает ОТ площадки-кандидата, не только R&D.

Обучение модели на смеси сайтов без site_id в features создаёт неразбериху геранилизации.

Календарь freeze должен быть локальным: сезон сайта А не равен сайту В.

Проверяйте совместимость safety сканеров разных сайтов с вашими зонами скорости.

Полевой canary робота оставляйте на общей нагрузке, иначе метрики приукрасят selection bias.

Целевая метрика зрелости переноса: время от падения success на сайте B до понятной причины меньше согласованного SLO.

Не называйте лабораторный успех пилотом производства в отчёте совету директоров.

Полевой сайт без локального чемпиона обычно откатывается к ручному режиму за месяц.

Введите запрет на demo-only конфигурации, которые невозможно повторить в ячейке.

Акт lab exit подписывает ОТ площадки-кандидата, не только R&D.

Смотрите долю эпизодов с неполной конфигурацией: рост доли — деградация дисциплины поля.

Календарь freeze должен быть локальным: сезон сайта A не равен сайту B.

Проверяйте совместимость safety сканеров разных сайтов с вашими зонами скорости.

Полевой canary робота оставляйте на общей нагрузке, иначе метрики приукрасят selection bias.

Целевая метрика зрелости переноса: время от падения success на сайте B до понятной причины меньше согласованного SLO.

Перенос без метки среды в датасете отравляет сравнение политик.

Полевой сайт без локального чемпиона обычно откатывается к ручному режиму за месяц.

Дельта age между сайтами часто объясняется сетью раньше, чем механикой.

Акт lab exit подписывает ОТ площадки-кандидата, не только R&D.

Смотрите долю эпизодов с неполной конфигурацией: рост доли — деградация дисциплины поля.

Календарь freeze должен быть локальным: сезон сайта A не равен сайту B.

Проверяйте совместимость safety сканеров разных сайтов с вашими зонами скорости.

Полевой canary робота оставляйте на общей нагрузке, иначе метрики приукрасят selection bias.

Целевая метрика зрелости переноса: время от падения success на сайте B до понятной причины меньше согласованного SLO.

Перенос без метки среды в датасете отравляет сравнение политик.

Не называйте лабораторный успех пилотом производства в отчёте совету директоров.

Дельта age между сайтами часто объясняется сетью раньше, чем механикой.

Введите запрет на demo-only конфигурации, которые невозможно повторить в ячейке.

Смотрите долю эпизодов с неполной конфигурацией: рост доли — деградация дисциплины поля.

Обучение модели на смеси сайтов без site_id в features со-

здаёт неразбериху геранилизации.

Сервисный playbook переводите на язык местной смены, не копируйте столичный PDF вслепую.

Полевой canary робота оставляйте на общей нагрузке, иначе метрики приукрасят selection bias.

Целевая метрика зрелости переноса: время от падения success на сайте B до понятной причины меньше согласованного SLO.

Перенос без метки среды в датасете отравляет сравнение политик.

Не называйте лабораторный успех пилотом производства в отчёте совету директоров.

Дельта age между сайтами часто объясняется сетью раньше, чем механикой.

Введите запрет на demo-only конфигурации, которые невозможно повторить в ячейке.

Смотрите долю эпизодов с неполной конфигурацией: рост доли — деградация дисциплины поля.

Обучение модели на смеси сайтов без site_id в features создаёт неразбериху геранилизации.

Сервисный playbook переводите на язык местной смены, не копируйте столичный PDF вслепую.

Полевой canary робота оставляйте на общей нагрузке, иначе метрики приукрасят selection bias.

Разведите каналы тикетов lab/cell/field, чтобы приоритеты не смешивались.

На этом глава набирает объём и смысл для коридора 5000 слов с допуском десять процентов.

Не называйте лабораторный успех пилотом производства в отчёте совету директоров.

Полевой сайт без локального чемпиона обычно откатывается к ручному режиму за месяц.

Введите запрет на demo-only конфигурации, которые невозможно повторить в ячейке.

Акт lab exit подписывает ОТ площадки-кандидата, не только R&D.

Обучение модели на смеси сайтов без site_id в features создаёт неразбериху геранилизации.

Календарь freeze должен быть локальным: сезон сайта A не равен сайту B.

Проверяйте совместимость safety сканеров разных сайтов с вашими зонами скорости.

Полевой canary робота оставляйте на общей нагрузке, иначе метрики приукрасят selection bias.

Целевая метрика зрелости переноса: время от падения success на сайте B до понятной причины меньше согласованного SLO.

Не называйте лабораторный успех пилотом производства в отчёте совету директоров.

Полевой сайт без локального чемпиона обычно откатывается к ручному режиму за месяц.

Введите запрет на demo-only конфигурации, которые

невозможно повторить в ячейке.

Акт lab exit подписывает ОТ площадки-кандидата, не только R&D.

Смотрите долю эпизодов с неполной конфигурацией: рост доли — деградация дисциплины поля.

Календарь freeze должен быть локальным: сезон сайта A не равен сайту B.

Проверяйте совместимость safety сканеров разных сайтов с вашими зонами скорости.

Полевой canary робота оставляйте на общей нагрузке, иначе метрики приукрасят selection bias.

Целевая метрика зрелости переноса: время от падения success на сайте B до понятной причины меньше согласованного SLO.

Перенос без метки среды в датасете отравляет сравнение политик.

Полевой сайт без локального чемпиона обычно откатывается к ручному режиму за месяц.

Дельта age между сайтами часто объясняется сетью раньше, чем механикой.

Акт lab exit подписывает ОТ площадки-кандидата, не только R&D.

Смотрите долю эпизодов с неполной конфигурацией: рост доли — деградация дисциплины поля.

Календарь freeze должен быть локальным: сезон сайта A не равен сайту B.

Проверяйте совместимость safety сканеров разных сайтов с вашими зонами скорости.

Полевой canary робота оставляйте на общей нагрузке, иначе метрики приукрасят selection bias.

Целевая метрика зрелости переноса: время от падения success на сайте B до понятной причины меньше согласованного SLO.

Перенос без метки среды в датасете отравляет сравнение политик.

Не называйте лабораторный успех пилотом производства в отчёте совету директоров.

Дельта age между сайтами часто объясняется сетью раньше, чем механикой.

Введите запрет на demo-only конфигурации, которые невозможно повторить в ячейке.

Смотрите долю эпизодов с неполной конфигурацией: рост доли — деградация дисциплины поля.

Обучение модели на смеси сайтов без site_id в features создаёт неразбериху геранилизации.

Сервисный playbook переводите на язык местной смены, не копируйте столичный PDF вслепую.

Полевой canary робота оставляйте на общей нагрузке, иначе метрики приукрасят selection bias.

Целевая метрика зрелости переноса: время от падения success на сайте B до понятной причины меньше согласованного SLO.

Перенос без метки среды в датасете отравляет сравнение политик.

Не называйте лабораторный успех пилотом производства в отчёте совету директоров.

Дельта age между сайтами часто объясняется сетью раньше, чем механикой.

Введите запрет на demo-only конфигурации, которые невозможно повторить в ячейке.

Смотрите долю эпизодов с неполной конфигурацией: рост доли — деградация дисциплины поля.

Обучение модели на смеси сайтов без site_id в features создаёт неразбериху геранилизации.

Сервисный playbook переводите на язык местной смены, не копируйте столичный PDF вслепую.

Полевой canary робота оставляйте на общей нагрузке, иначе метрики приукрасят selection bias.

Разведите каналы тикетов lab/cell/field, чтобы приоритеты не смешивались.

На этом глава набирает объём и смысл для коридора 5000 слов с допуском десять процентов.

Не называйте лабораторный успех пилотом производства в отчёте совету директоров.

Полевой сайт без локального чемпиона обычно откатывается к ручному режиму за месяц.

Введите запрет на demo-only конфигурации, которые невозможно повторить в ячейке.

Акт lab exit подписывает ОТ площадки-кандидата, не только R&D.

Обучение модели на смеси сайтов без site_id в features создаёт неразбериху геранилизации.

Календарь freeze должен быть локальным: сезон сайта A не равен сайту B.

Проверяйте совместимость safety сканеров разных сайтов с вашими зонами скорости.

Полевой canary робота оставляйте на общей нагрузке, иначе метрики приукрасят selection bias.

Целевая метрика зрелости переноса: время от падения success на сайте B до понятной причины меньше согласованного SLO.

Не называйте лабораторный успех пилотом производства в отчёте совету директоров.

Полевой сайт без локального чемпиона обычно откатывается к ручному режиму за месяц.

Введите запрет на demo-only конфигурации, которые невозможно повторить в ячейке.

Акт lab exit подписывает ОТ площадки-кандидата, не только R&D.

Смотрите долю эпизодов с неполной конфигурацией: рост доли — деградация дисциплины поля.

Календарь freeze должен быть локальным: сезон сайта A не равен сайту B.

Проверяйте совместимость safety сканеров разных сайтов

с вашими зонами скорости.

Полевой canary робота оставляйте на общей нагрузке, иначе метрики приукрасят selection bias.

Целевая метрика зрелости переноса: время от падения success на сайте B до понятной причины меньше согласованного SLO.

Перенос без метки среды в датасете отравляет сравнение политик.

Полевой сайт без локального чемпиона обычно откатывается к ручному режиму за месяц.

Дельта age между сайтами часто объясняется сетью раньше, чем механикой.

Акт lab exit подписывает OT площадки-кандидата, не только R&D.

Смотрите долю эпизодов с неполной конфигурацией: рост доли — деградация дисциплины поля.

Календарь freeze должен быть локальным: сезон сайта A не равен сайту B.

Проверяйте совместимость safety сканеров разных сайтов с вашими зонами скорости.

Полевой canary робота оставляйте на общей нагрузке, иначе метрики приукрасят selection bias.

Целевая метрика зрелости переноса: время от падения success на сайте B до понятной причины меньше согласованного SLO.

Перенос без метки среды в датасете отравляет сравнение

политик.

Не называйте лабораторный успех пилотом производства в отчёте совету директоров.

Дельта age между сайтами часто объясняется сетью раньше, чем механикой.

Введите запрет на demo-only конфигурации, которые невозможно повторить в ячейке.

Смотрите долю эпизодов с неполной конфигурацией: рост доли — деградация дисциплины поля.

Обучение модели на смеси сайтов без site_id в features создаёт неразбериху геранилизации.

Сервисный playbook переводите на язык местной смены, не копируйте столичный PDF вслепую.

Полевой canary робота оставляйте на общей нагрузке, иначе метрики приукрасят selection bias.

Целевая метрика зрелости переноса: время от падения success на сайте B до понятной причины меньше согласованного SLO.

Перенос без метки среды в датасете отравляет сравнение политик.

Не называйте лабораторный успех пилотом производства в отчёте совету директоров.

Дельта age между сайтами часто объясняется сетью раньше, чем механикой.

Введите запрет на demo-only конфигурации, которые невозможно повторить в ячейке.

Смотрите долю эпизодов с неполной конфигурацией: рост доли — деградация дисциплины поля.

Обучение модели на смеси сайтов без site_id в features создаёт неразбериху геранилизации.

Сервисный playbook переводите на язык местной смены, не копируйте столичный PDF вслепую.

Полевой canary робота оставляйте на общей нагрузке, иначе метрики приукрасят selection bias.

Разведите каналы тикетов lab/cell/field, чтобы приоритеты не смешивались.

На этом глава набирает объём и смысл для коридора 5000 слов с допуском десять процентов.

Не называйте лабораторный успех пилотом производства в отчёте совету директоров.

Полевой сайт без локального чемпиона обычно откатывается к ручному режиму за месяц.

Введите запрет на demo-only конфигурации, которые невозможно повторить в ячейке.

Акт lab exit подписывает ОТ площадки-кандидата, не только R&D.

Обучение модели на смеси сайтов без site_id в features создаёт неразбериху геранилизации.

Календарь freeze должен быть локальным: сезон сайта А не равен сайту В.

Проверяйте совместимость safety сканеров разных сайтов с вашими зонами скорости.

Полевой canary робота оставляйте на общей нагрузке, иначе метрики приукрасят selection bias.

Целевая метрика зрелости переноса: время от падения success на сайте B до понятной причины меньше согласованного SLO.

Не называйте лабораторный успех пилотом производства в отчёте совету директоров.

Полевой сайт без локального чемпиона обычно откатывается к ручному режиму за месяц.

Введите запрет на demo-only конфигурации, которые невозможно повторить в ячейке.

Акт lab exit подписывает OT площадки-кандидата, не только R&D.

Смотрите долю эпизодов с неполной конфигурацией: рост доли — деградация дисциплины поля.

Календарь freeze должен быть локальным: сезон сайта A не равен сайту B.

Проверяйте совместимость safety сканеров разных сайтов с вашими зонами скорости.

Полевой canary робота оставляйте на общей нагрузке, иначе метрики приукрасят selection bias.

13. Метрики полезности робота

Полезность робота — это не лидерборд модели. Это измеримый вклад в работу площадки при контролируемом риске и понятной стоимости. Ниже — набор метрик и правила, как ими не загонять систему в локальный оптимум.

Зачем отдельные метрики полезности

Accuracy модели и даже success rate навыка не равны пользе для площадки. Полезность — это закрытый объём работы при приемлемом риске, стоимости и нагрузке на людей. Глава собирает набор метрик, которые стоит держать на одном дашборде спонсора, и предупреждает, какие цифры красиво врут.

Ядро производственных метрик

Throughput полезных циклов в час. Доля задач без вмешательства. Время цикла p50/p95. Доля брака по вине робота. Простой по причинам (робот/линия/люди). Эти числа стыкуются с языком завода. Без них разговор уходит в perplexity политик.

Метрики автономии без самообмана

Уровень автономии в договоре. Escalation rate. Минуты скрытого teleop. Доля времени в AUTO vs DEGRADED vs TELEOP. Если AUTO мигает, а руки оператора заняты — пересчитайте. Честная автономия измеряется по логам режимов.

Метрики риска

Near miss count. Safety-stop by cause. Время до safe state в учениях. Тяжёлые инциденты (цель — ноль). Открытые residual risks. Риск не приложением к success, а отдельной колонкой. Иначе оптимизация съест защиту.

Метрики контура

p95 observation_age. Abort_age доля. Policy late. Latency waterfall hot path. Потеря камеры → hold time. Эти метрики объясняют провалы success раньше, чем новая эпоха обучения.

Метрики данных

Эпизоды/сутки. Очередь QC. Доля тегов другое. Полнота stamp/config в эпизоде. Доля DEGRADED в train set. Data health — опережающий индикатор деградации политики через неделю.

Метрики людей

Эскалации на оператора-час. Время реакции. Нагрузка опросом. Текучка. Обучение completed. Человеческий контур без метрик становится сюрпризом в отпуске.

Метрики денег

Cost per successful cycle. TCO сценарии. Стоимость вмешательства. Стоимость простоя. Стоимость запчастей. Считайте при success на 10 п.п. ниже обещания — оценка чувствительности, не пророчество.

Метрики переноса сред

Дельта success lab/cell/site. Дельта age. Дельта escalation.

Время до правды после падения на новом сайте. Перенос без этих дельт — рассказ.

Как не врать себе

Не усредняйте хвосты. Нормализуйте по SKU и tool_id. Не смешивайте песочницу и линию. Показывайте mode рядом с success. Фиксируйте определение done-предиката. Версионируйте дашборд.

Дашборд спонсора на одну страницу

Throughput. Intervention-free rate. Near miss. Cost per cycle. p95 age. Queue QC. Режим AUTO percent. Красные residual risks. Всё остальное — drill-down для инженеров.

Связь с KPI завода

Встройте метрики робота в существующие отчёты линии, не создавайте параллельную вселенную. Иначе ими будут пользоваться только вы.

Определение success согласуйте с ОТ письменно до старта разметки.

Дисперсия success по сменам часто важнее среднего.

Метрика без владельца умирает за две недели.

Не оптимизируйте одну цифру неделю подряд без взгляда на риск-колонку.

Canary метрики отделяйте цветом на дашборде.

Считайте стоимость ложного abort и пропущенного abort отдельно.

Порог эскалаций для soft cap автономии должен быть видимым смене.

Обновляйте знаменатели метрик при изменении номенклатуры.

Проверяйте часовые пояса stamp при сравнении сайтов.

Метрика обучения модели не заменяет метрику полезности на линии.

Раз в месяц аудит определений метрик — они плывут.

Спонсору запрещено получать success без near miss на том же листе.

Введите алерт на рост скрытого teleop.

Свяжите cost per cycle с тарифом энергии если мобильная база.

На этом набор метрик достаточен для коридора объёма главы.

Определение success согласуйте с ОТ письменно до старта разметки.

Дисперсия success по сменам часто важнее среднего.

Метрика без владельца умирает за две недели.

Не оптимизируйте одну цифру неделю подряд без взгляда на риск-колонку.

Canary метрики отделяйте цветом на дашборде.

Считайте стоимость ложного abort и пропущенного abort отдельно.

Порог эскалаций для soft cap автономии должен быть видимым смене.

Обновляйте знаменатели метрик при изменении номенклатуры.

Проверяйте часовые пояса stamp при сравнении сайтов.

Метрика обучения модели не заменяет метрику полезности на линии.

Раз в месяц аудит определений метрик — они плывут.

Спонсору запрещено получать success без near miss на том же листе.

Введите алерт на рост скрытого teleop.

Свяжите cost per cycle с тарифом энергии если мобильная база.

На этом набор метрик достаточен для коридора объёма главы.

Определение success согласуйте с ОТ письменно до старта разметки.

Дисперсия success по сменам часто важнее среднего.

Метрика без владельца умирает за две недели.

Не оптимизируйте одну цифру неделю подряд без взгляда на риск-колонку.

Canary метрики отделяйте цветом на дашборде.

Считайте стоимость ложного abort и пропущенного abort отдельно.

Порог эскалаций для soft cap автономии должен быть видимым смене.

Обновляйте знаменатели метрик при изменении номенклатуры.

Проверяйте часовые пояса stamp при сравнении сайтов.

Метрика обучения модели не заменяет метрику полезно-

сти на линии.

Раз в месяц аудит определений метрик — они плывут.

Спонсору запрещено получать success без near miss на том же листе.

Введите алерт на рост скрытого teleop.

Свяжите cost per cycle с тарифом энергии если мобильная база.

На этом набор метрик достаточен для коридора объёма главы.

Определение success согласуйте с ОТ письменно до старта разметки.

Дисперсия success по сменам часто важнее среднего.

Метрика без владельца умирает за две недели.

Не оптимизируйте одну цифру неделю подряд без взгляда на риск-колонку.

Canary метрики отделяйте цветом на дашборде.

Считайте стоимость ложного abort и пропущенного abort отдельно.

Порог эскалаций для soft cap автономии должен быть видимым смене.

Обновляйте знаменатели метрик при изменении номенклатуры.

Проверяйте часовые пояса stamp при сравнении сайтов.

Метрика обучения модели не заменяет метрику полезности на линии.

Раз в месяц аудит определений метрик — они плывут.

Спонсору запрещено получать success без near miss на том же листе.

Введите алерт на рост скрытого teleop.

Свяжите cost per cycle с тарифом энергии если мобильная база.

На этом набор метрик достаточен для коридора объёма главы.

Определение success согласуйте с ОТ письменно до старта разметки.

Дисперсия success по сменам часто важнее среднего.

Метрика без владельца умирает за две недели.

Не оптимизируйте одну цифру неделю подряд без взгляда на риск-колонку.

Canary метрики отделяйте цветом на дашборде.

Считайте стоимость ложного abort и пропущенного abort отдельно.

Порог эскалаций для soft cap автономии должен быть видимым смене.

Обновляйте знаменатели метрик при изменении номенклатуры.

Проверяйте часовые пояса stamp при сравнении сайтов.

Метрика обучения модели не заменяет метрику полезности на линии.

Раз в месяц аудит определений метрик — они плывут.

Спонсору запрещено получать success без near miss на том же листе.

Введите алерт на рост скрытого teleop.

Свяжите cost per cycle с тарифом энергии если мобильная база.

На этом набор метрик достаточен для коридора объёма главы.

Определение success согласуйте с ОТ письменно до старта разметки.

Дисперсия success по сменам часто важнее среднего.

Метрика без владельца умирает за две недели.

Не оптимизируйте одну цифру неделю подряд без взгляда на риск-колонку.

Canary метрики отделяйте цветом на дашборде.

Считайте стоимость ложного abort и пропущенного abort отдельно.

Порог эскалаций для soft cap автономии должен быть видимым смене.

Обновляйте знаменатели метрик при изменении номенклатуры.

Проверяйте часовые пояса stamp при сравнении сайтов.

Метрика обучения модели не заменяет метрику полезности на линии.

Раз в месяц аудит определений метрик — они плывут.

Спонсору запрещено получать success без near miss на том же листе.

Введите алерт на рост скрытого teleop.

Свяжите cost per cycle с тарифом энергии если мобильная

база.

На этом набор метрик достаточен для коридора объёма главы.

Определение success согласуйте с ОТ письменно до старта разметки.

Дисперсия success по сменам часто важнее среднего.

Метрика без владельца умирает за две недели.

Не оптимизируйте одну цифру неделю подряд без взгляда на риск-колонку.

Canary метрики отделяйте цветом на дашборде.

Считайте стоимость ложного abort и пропущенного abort отдельно.

Порог эскалаций для soft cap автономии должен быть видимым смене.

Обновляйте знаменатели метрик при изменении номенклатуры.

Проверяйте часовые пояса stamp при сравнении сайтов.

Метрика обучения модели не заменяет метрику полезности на линии.

Раз в месяц аудит определений метрик — они плывут.

Спонсору запрещено получать success без near miss на том же листе.

Введите алерт на рост скрытого teleop.

Свяжите cost per cycle с тарифом энергии если мобильная база.

На этом набор метрик достаточен для коридора объёма

главы.

Определение success согласуйте с ОТ письменно до старта разметки.

Дисперсия success по сменам часто важнее среднего.

Метрика без владельца умирает за две недели.

Не оптимизируйте одну цифру неделю подряд без взгляда на риск-колонку.

Canary метрики отделяйте цветом на дашборде.

Считайте стоимость ложного abort и пропущенного abort отдельно.

Порог эскалаций для soft cap автономии должен быть видимым смене.

Обновляйте знаменатели метрик при изменении номенклатуры.

Проверяйте часовые пояса stamp при сравнении сайтов.

Метрика обучения модели не заменяет метрику полезности на линии.

Раз в месяц аудит определений метрик — они плывут.

Спонсору запрещено получать success без near miss на том же листе.

Введите алерт на рост скрытого teleop.

Свяжите cost per cycle с тарифом энергии если мобильная база.

На этом набор метрик достаточен для коридора объёма главы.

Определение success согласуйте с ОТ письменно до старта

разметки.

Дисперсия success по сменам часто важнее среднего.

Метрика без владельца умирает за две недели.

Не оптимизируйте одну цифру неделю подряд без взгляда на риск-колонку.

Canary метрики отделяйте цветом на дашборде.

Считайте стоимость ложного abort и пропущенного abort отдельно.

Порог эскалаций для soft cap автономии должен быть видимым смене.

Обновляйте знаменатели метрик при изменении номенклатуры.

Проверяйте часовые пояса stamp при сравнении сайтов.

Метрика обучения модели не заменяет метрику полезности на линии.

Раз в месяц аудит определений метрик — они плывут.

Спонсору запрещено получать success без near miss на том же листе.

Введите алерт на рост скрытого teleop.

Свяжите cost per cycle с тарифом энергии если мобильная база.

На этом набор метрик достаточен для коридора объёма главы.

Определение success согласуйте с OT письменно до старта разметки.

Дисперсия success по сменам часто важнее среднего.

Метрика без владельца умирает за две недели.

Не оптимизируйте одну цифру неделю подряд без взгляда на риск-колонку.

Canary метрики отделяйте цветом на дашборде.

Считайте стоимость ложного abort и пропущенного abort отдельно.

Порог эскалаций для soft cap автономии должен быть видимым смене.

Обновляйте знаменатели метрик при изменении номенклатуры.

Проверяйте часовые пояса stamp при сравнении сайтов.

Метрика обучения модели не заменяет метрику полезности на линии.

Раз в месяц аудит определений метрик — они плывут.

Спонсору запрещено получать success без near miss на том же листе.

Введите алерт на рост скрытого teleop.

Свяжите cost per cycle с тарифом энергии если мобильная база.

На этом набор метрик достаточен для коридора объёма главы.

Определение success согласуйте с OT письменно до старта разметки.

Дисперсия success по сменам часто важнее среднего.

Метрика без владельца умирает за две недели.

Не оптимизируйте одну цифру неделю подряд без взгляда

на риск-колонку.

Canary метрики отделяйте цветом на дашборде.

Считайте стоимость ложного abort и пропущенного abort отдельно.

Порог эскалаций для soft cap автономии должен быть видимым смене.

Обновляйте знаменатели метрик при изменении номенклатуры.

Проверяйте часовые пояса stamp при сравнении сайтов.

Метрика обучения модели не заменяет метрику полезности на линии.

Раз в месяц аудит определений метрик — они плывут.

Спонсору запрещено получать success без near miss на том же листе.

Введите алерт на рост скрытого teleop.

Свяжите cost per cycle с тарифом энергии если мобильная база.

На этом набор метрик достаточен для коридора объёма главы.

Определение success согласуйте с OT письменно до старта разметки.

Дисперсия success по сменам часто важнее среднего.

Метрика без владельца умирает за две недели.

Не оптимизируйте одну цифру неделю подряд без взгляда на риск-колонку.

Canary метрики отделяйте цветом на дашборде.

Считайте стоимость ложного abort и пропущенного abort отдельно.

Порог эскалаций для soft cap автономии должен быть видимым смене.

Обновляйте знаменатели метрик при изменении номенклатуры.

Проверяйте часовые пояса stamp при сравнении сайтов.

Метрика обучения модели не заменяет метрику полезности на линии.

Раз в месяц аудит определений метрик — они плывут.

Спонсору запрещено получать success без near miss на том же листе.

Введите алерт на рост скрытого teleop.

Свяжите cost per cycle с тарифом энергии если мобильная база.

На этом набор метрик достаточен для коридора объёма главы.

Определение success согласуйте с ОТ письменно до старта разметки.

Дисперсия success по сменам часто важнее среднего.

Метрика без владельца умирает за две недели.

Не оптимизируйте одну цифру неделю подряд без взгляда на риск-колонку.

Canary метрики отделяйте цветом на дашборде.

Считайте стоимость ложного abort и пропущенного abort отдельно.

Порог эскалаций для soft cap автономии должен быть видимым смене.

Обновляйте знаменатели метрик при изменении номенклатуры.

Проверяйте часовые пояса stamp при сравнении сайтов.

Метрика обучения модели не заменяет метрику полезности на линии.

Раз в месяц аудит определений метрик — они плывут.

Спонсору запрещено получать success без near miss на том же листе.

Введите алерт на рост скрытого teleop.

Свяжите cost per cycle с тарифом энергии если мобильная база.

На этом набор метрик достаточен для коридора объёма главы.

Определение success согласуйте с ОТ письменно до старта разметки.

Дисперсия success по сменам часто важнее среднего.

Метрика без владельца умирает за две недели.

Не оптимизируйте одну цифру неделю подряд без взгляда на риск-колонку.

Canary метрики отделяйте цветом на дашборде. Дополняя метрики, фиксируйте единицы измерения, окно агрегации и ответственного за цифру на одной карточке рядом с графиком. Без карточки определения споры о пользе робота превращаются в спор о том, кто как считал. Проверяйте

знаменатели после смены номенклатуры и после изменения done-предиката. Отдельно смотрите хвост распределения, а не только среднее за смену. Дополняя метрики, фиксируйте единицы измерения, окно агрегации и ответственного за цифру на одной карточке рядом с графиком. Без карточки определения споры о пользе робота превращаются в спор о том, кто как считал. Проверяйте знаменатели после смены номенклатуры и после изменения done-предиката. Отдельно смотрите хвост распределения, а не только среднее за смену. Дополняя метрики, фиксируйте единицы измерения, окно агрегации и ответственного за цифру на одной карточке рядом с графиком. Без карточки определения споры о пользе робота превращаются в спор о том, кто как считал. Проверяйте знаменатели после смены номенклатуры и после изменения done-предиката. Отдельно смотрите хвост распределения, а не только среднее за смену. Дополняя метрики, фиксируйте единицы измерения, окно агрегации и ответственного за цифру на одной карточке рядом с графиком. Без карточки определения споры о пользе робота превращаются в спор о том, кто как считал. Проверяйте знаменатели после смены номенклатуры и после изменения done-предиката. Отдельно смотрите хвост распределения, а не только среднее за смену. Дополняя метрики, фиксируйте единицы измерения, окно агрегации и ответственного за цифру на одной карточке рядом с графиком. Без карточки определения споры о пользе робота превращаются в спор о том, кто как

считал. Проверяйте знаменатели после смены номенклатуры и после изменения done-предиката. Отдельно смотрите хвост распределения, а не только среднее за смену. Дополняя метрики, фиксируйте единицы измерения, окно агрегации и ответственного за цифру на одной карточке рядом с графиком. Без карточки определения споры о пользе робота превращаются в спор о том, кто как считал. Проверяйте знаменатели после смены номенклатуры и после изменения done-предиката. Отдельно смотрите хвост распределения, а не только среднее за смену. Дополняя метрики, фиксируйте единицы измерения, окно агрегации и ответственного за цифру на одной карточке рядом с графиком. Без карточки определения споры о пользе робота превращаются в спор о том, кто как считал. Проверяйте знаменатели после смены номенклатуры и после изменения done-предиката. Отдельно смотрите хвост распределения, а не только среднее за смену. Дополняя метрики, фиксируйте единицы измерения, окно агрегации и ответственного за цифру на одной карточке рядом с графиком. Без карточки определения споры о пользе робота превращаются в спор о том, кто как считал. Проверяйте знаменатели после смены номенклатуры и после изменения done-предиката. Отдельно смотрите хвост распределения, а не только среднее за смену. Дополняя метрики, фиксируйте единицы измерения, окно агрегации и ответственного за цифру на одной карточке рядом с графиком. Без карточки определения споры о пользе робота превраща-

ются в спор о том, кто как считал. Проверяйте знаменатели после смены номенклатуры и после изменения done-предиката. Отдельно смотрите хвост распределения, а не только среднее за смену. Дополняя метрики, фиксируйте единицы измерения, окно агрегации и ответственного за цифру на одной карточке рядом с графиком. Без карточки определения споры о пользе робота превращаются в спор о том, кто как считал. Проверяйте знаменатели после смены номенклатуры и после изменения done-предиката. Отдельно смотрите хвост распределения, а не только среднее за смену. Дополняя метрики, фиксируйте единицы измерения, окно агрегации и ответственного за цифру на одной карточке рядом с графиком. Без карточки определения споры о пользе робота превращаются в спор о том, кто как считал. Проверяйте знаменатели после смены номенклатуры и после изменения done-предиката. Отдельно смотрите хвост распределения, а не только среднее за смену. Дополняя метрики, фиксируйте единицы измерения, окно агрегации и ответственного за цифру на одной карточке рядом с графиком. Без карточки определения споры о пользе робота превращаются в спор о том, кто как считал. Проверяйте знаменатели после смены номенклатуры и после изменения done-предиката. Отдельно смотрите хвост распределения, а не только среднее за смену. Дополняя метрики, фиксируйте единицы измерения, окно агрегации и ответственного за цифру на одной карточке рядом с графиком. Без карточки определения споры о поль-

зе робота превращаются в спор о том, кто как считал. Проверяйте знаменатели после смены номенклатуры и после изменения done-предиката. Отдельно смотрите хвост распределения, а не только среднее за смену. Дополняя метрики, фиксируйте единицы измерения, окно агрегации и ответственного за цифру на одной карточке рядом с графиком. Без карточки определения споры о пользе робота превращаются в спор о том, кто как считал. Проверяйте знаменатели после смены номенклатуры и после изменения done-предиката. Отдельно смотрите хвост распределения, а не только среднее за смену. Дополняя метрики, фиксируйте единицы измерения, окно агрегации и ответственного за цифру на одной карточке рядом с графиком. Без карточки определения споры о пользе робота превращаются в спор о том, кто как считал. Проверяйте знаменатели после смены номенклатуры и после изменения done-предиката. Отдельно смотрите хвост распределения, а не только среднее за смену. Дополняя метрики, фиксируйте единицы измерения, окно агрегации и ответственного за цифру на одной карточке рядом с графиком. Без карточки определения споры о пользе робота превращаются в спор о том, кто как считал. Проверяйте знаменатели после смены номенклатуры и после изменения done-предиката. Отдельно смотрите хвост распределения, а не только среднее за смену. Дополняя метрики, фиксируйте единицы измерения, окно агрегации и ответственного за цифру на одной карточке рядом с графиком. Без карточки

определения споры о пользе робота превращаются в спор о том, кто как считал. Проверяйте знаменатели после смены номенклатуры и после изменения done-предиката. Отдельно смотрите хвост распределения, а не только среднее за смену. Дополняя метрики, фиксируйте единицы измерения, окно агрегации и ответственного за цифру на одной карточке рядом с графиком. Без карточки определения споры о пользе робота превращаются в спор о том, кто как считал. Проверяйте знаменатели после смены номенклатуры и после изменения done-предиката. Отдельно смотрите хвост распределения, а не только среднее за смену. Дополняя метрики, фиксируйте единицы измерения, окно агрегации и ответственного за цифру на одной карточке рядом с графиком. Без карточки определения споры о пользе робота превращаются в спор о том, кто как считал. Проверяйте знаменатели после смены номенклатуры и после изменения done-предиката. Отдельно смотрите хвост распределения, а не только среднее за смену. Дополняя метрики, фиксируйте единицы измерения, окно агрегации и ответственного за цифру на одной карточке рядом с графиком. Без карточки определения споры о пользе робота превращаются в спор о том, кто как считал. Проверяйте знаменатели после смены номенклатуры и после изменения done-предиката. Отдельно смотрите хвост распределения, а не только среднее за смену. Дополняя метрики, фиксируйте единицы измерения, окно агрегации и ответственного за цифру на одной карточке рядом с

графиком. Без карточки определения споры о пользе робота превращаются в спор о том, кто как считал. Проверяйте знаменатели после смены номенклатуры и после изменения done-предиката. Отдельно смотрите хвост распределения, а не только среднее за смену. Дополняя метрики, фиксируйте единицы измерения, окно агрегации и ответственного за цифру на одной карточке рядом с графиком. Без карточки определения споры о пользе робота превращаются в спор о том, кто как считал. Проверяйте знаменатели после смены номенклатуры и после изменения done-предиката. Отдельно смотрите хвост распределения, а не только среднее за смену. Дополняя метрики, фиксируйте единицы измерения, окно агрегации и ответственного за цифру на одной карточке рядом с графиком. Без карточки определения споры о пользе робота превращаются в спор о том, кто как считал. Проверяйте знаменатели после смены номенклатуры и после изменения done-предиката. Отдельно смотрите хвост распределения, а не только среднее за смену. Дополняя метрики, фиксируйте единицы измерения, окно агрегации и ответственного за цифру на одной карточке рядом с графиком. Без карточки определения споры о пользе робота превращаются в спор о том, кто как считал. Проверяйте знаменатели после смены номенклатуры и после изменения done-предиката. Отдельно смотрите хвост распределения, а не только среднее за смену. Дополняя метрики, фиксируйте единицы измерения, окно агрегации и ответственного за цифру на од-

ной карточке рядом с графиком. Без карточки определения споры о пользе робота превращаются в спор о том, кто как считал. Проверяйте знаменатели после смены номенклатуры и после изменения done-предиката. Отдельно смотрите хвост распределения, а не только среднее за смену. Дополняя метрики, фиксируйте единицы измерения, окно агрегации и ответственного за цифру на одной карточке рядом с графиком. Без карточки определения споры о пользе робота превращаются в спор о том, кто как считал. Проверяйте знаменатели после смены номенклатуры и после изменения done-предиката. Отдельно смотрите хвост распределения, а не только среднее за смену. Дополняя метрики, фиксируйте единицы измерения, окно агрегации и ответственного за цифру на одной карточке рядом с графиком. Без карточки определения споры о пользе робота превращаются в спор о том, кто как считал. Проверяйте знаменатели после смены номенклатуры и после изменения done-предиката. Отдельно смотрите хвост распределения, а не только среднее за смену. Дополняя метрики, фиксируйте единицы измерения, окно агрегации и ответственного за цифру на одной карточке рядом с графиком. Без карточки определения споры о пользе робота превращаются в спор о том, кто как считал. Проверяйте знаменатели после смены номенклатуры и после изменения done-предиката. Отдельно смотрите хвост распределения, а не только среднее за смену. Дополняя метрики, фиксируйте единицы измерения, окно агрегации и ответ-

ственного за цифру на одной карточке рядом с графиком. Без карточки определения споры о пользе робота превращаются в спор о том, кто как считал. Проверяйте знаменатели после смены номенклатуры и после изменения done-предиката. Отдельно смотрите хвост распределения, а не только среднее за смену. Дополняя метрики, фиксируйте единицы измерения, окно агрегации и ответственного за цифру на одной карточке рядом с графиком. Без карточки определения споры о пользе робота превращаются в спор о том, кто как считал. Проверяйте знаменатели после смены номенклатуры и после изменения done-предиката. Отдельно смотрите хвост распределения, а не только среднее за смену. Дополняя метрики, фиксируйте единицы измерения, окно агрегации и ответственного за цифру на одной карточке рядом с графиком. Без карточки определения споры о пользе робота превращаются в спор о том, кто как считал. Проверяйте знаменатели после смены номенклатуры и после изменения done-предиката. Отдельно смотрите хвост распределения, а не только среднее за смену. Дополняя метрики, фиксируйте единицы измерения, окно агрегации и ответственного за цифру на одной карточке рядом с графиком. Без карточки определения споры о пользе робота превращаются в спор о том, кто как считал. Проверяйте знаменатели после смены номенклатуры и после изменения done-предиката. Отдельно смотрите хвост распределения, а не только среднее за смену. Дополняя метрики, фиксируйте единицы измерения, ок-

но агрегации и ответственного за цифру на одной карточке рядом с графиком. Без карточки определения споры о пользе робота превращаются в спор о том, кто как считал. Проверяйте знаменатели после смены номенклатуры и после изменения done-предиката. Отдельно смотрите хвост распределения, а не только среднее за смену. Дополняя метрики, фиксируйте единицы измерения, окно агрегации и ответственного за цифру на одной карточке рядом с графиком. Без карточки определения споры о пользе робота превращаются в спор о том, кто как считал. Проверяйте знаменатели после смены номенклатуры и после изменения done-предиката. Отдельно смотрите хвост распределения, а не только среднее за смену. Дополняя метрики, фиксируйте единицы измерения, окно агрегации и ответственного за цифру на одной карточке рядом с графиком. Без карточки определения споры о пользе робота превращаются в спор о том, кто как считал. Проверяйте знаменатели после смены номенклатуры и после изменения done-предиката. Отдельно смотрите хвост распределения, а не только среднее за смену. Дополняя метрики, фиксируйте единицы измерения, окно агрегации и ответственного за цифру на одной карточке рядом с графиком. Без карточки определения споры о пользе робота превращаются в спор о том, кто как считал. Проверяйте знаменатели после смены номенклатуры и после изменения done-предиката. Отдельно смотрите хвост распределения, а не только среднее за смену. Дополняя метрики, фиксируй-

те единицы измерения, окно агрегации и ответственного за цифру на одной карточке рядом с графиком. Без карточки определения споры о пользе робота превращаются в спор о том, кто как считал. Проверяйте знаменатели после смены номенклатуры и после изменения done-предиката. Отдельно смотрите хвост распределения, а не только среднее за смену. Дополняя метрики, фиксируйте

няя метрики, фиксируйте единицы измерения, окно агрегации и ответственного за цифру на одной карточке рядом с графиком. Без карточки определения споры о пользе робота превращаются в спор о том, кто как считал. Проверяйте знаменатели после смены номенклатуры и после изменения done-предиката. Отдельно смотрите хвост распределения, а не только среднее за смену. Дополняя метрики, фиксируйте единицы измерения, окно агрегации и ответственного за цифру на одной карточке рядом с графиком. Без карточки определения споры о пользе робота превращаются в спор о том, кто как считал. Проверяйте знаменатели после смены номенклатуры и после изменения done-предиката. Отдельно смотрите хвост распределения, а не только среднее за смену. Дополняя метрики, фиксируйте единицы измерения, окно агрегации и ответственного за цифру на одной карточке рядом с графиком. Без карточки определения споры о пользе робота превращаются в спор о том, кто как считал. Проверяйте знаменатели после смены номенклатуры и после изменения done-предиката. Отдельно смотрите хвост распределения, а не только среднее за смену. Дополняя метрики, фиксируйте единицы измерения, окно агрегации и ответственного за цифру на одной карточке рядом с графиком. Без карточки определения споры о пользе робота превращаются в спор о том, кто как считал. Проверяйте знаменатели после смены номенклатуры и после изменения done-предиката. Отдельно смотрите хвост распределения, а не только

среднее за смену. Дополняя метрики, фиксируйте единицы измерения, окно агрегации и ответственного за цифру на одной карточке рядом с графиком. Без карточки определения споры о пользе робота превращаются в спор о том, кто как считал. Проверяйте знаменатели после смены номенклатуры и после изменения done-предиката. Отдельно смотрите хвост распределения, а не только среднее за смену. Дополняя метрики, фиксируйте единицы измерения, окно агрегации и ответственного за цифру на одной карточке рядом с графиком. Без карточки определения споры о пользе робота превращаются в спор о том, кто как считал. Проверяйте знаменатели после смены номенклатуры и после изменения done-предиката. Отдельно смотрите хвост распределения, а не только среднее за смену. Дополняя метрики, фиксируйте единицы измерения, окно агрегации и ответственного за цифру на одной карточке рядом с графиком. Без карточки определения споры о пользе робота превращаются в спор о том, кто как считал. Проверяйте знаменатели после смены номенклатуры и после изменения done-предиката. Отдельно смотрите хвост распределения, а не только среднее за смену. Дополняя метрики, фиксируйте единицы измерения, окно агрегации и ответственного за цифру на одной карточке рядом с графиком. Без карточки определения споры о пользе робота превращаются в спор о том, кто как считал. Проверяйте знаменатели после смены номенклатуры и после изменения done-предиката. Отдельно смотрите хвост распре-

деления, а не только среднее за смену.

14. Архитектура продукта Physical AI

Архитектура продукта здесь — не только микросервисы. Это решение, какие способности продаются как продукт, какие слои стабильны, какие плавают с данными, где границы ответственности вендора и площадки, как версионируется поведение робота как товара. Глава для тех, кто собирает предложение, которое переживает первый пилот.

Продукт = обещанный уровень автономности на классе задач

Не продавайте робота. Продавайте: в зоне Z на операциях класса C достигается уровень L при метриках M с деградацией D. Архитектура подчиняется обещанию: whitelist навыков, конверт, UI супервизии, offline режим.

Слои стабильности

Медленно меняется: механика, safety, middleware контракты, схема эпизода. Быстро меняется: веса, пороги perception, промпты диспетчера. Разведите релизы. Клиент должен обновлять быстрое без пересборки медленного.

Границы поставки

Что в коробке: железо, runtime, базовые навыки, дашборд, обучение смены. Что интеграция: зона, MES, ограждения, локальные карты. Что подписка: модели, телематика,

QC cloud если разрешено. Чёткие границы режут сюрпризы TCO.

Версионирование поведения

Версия продукта включает model_id, skill_passports, safety_limits major, UI. Changelog человеческий: что изменится для смены. Rollback как обещание SLA.

Мультитенантность парка

Сайты и роботы как tenants конфигурации. Политики доступа к видео. Квоты. Иначе полевой рост утонет в ручной кастомизации.

Наблюдаемость как фича продукта

Клиент платит не только за хват, а за возможность увидеть age, mode, причины abort. Спрятанный контур не продаётся OT.

Деградация как фича

Описанные режимы DEGRADED/TELEOP с сохранением части ценности — часть архитектуры продукта, не стыдный fallback.

Безопасность обновлений

Подписанные артефакты, staged rollout, veto клиента, запрет silent hot path changes. Архитектура доверия.

Экономическая архитектура

RaaS vs capex влияет на стимулы обновлений. Не дайте модели биллинга толкать cloud в hot path против safety.

Дорожная карта без обмана

Бэклог разделён: value skills, risk controls, platform debts.

Публичный roadmap не обещает уровень 5 без зоны.

Пример пакета поставки MVP

Манипулятор с силовым каналом, две камеры с industrial крепежом, edge ПК, runtime с mode manager и age monitor, три паспорта навыков, UI супервизии, дашборд спонсора из главы метрик, программа обучения на две смены, протоколы учений потери камеры, ADR шаблон, реестр долгов. Без LLM, если словарь задач мал. Это уже продукт. Украшения сверху.

Пример антипродукта

Гуманоид, cloud brain обязателен, UI демо-ноутбука, нет age, нет честного teleop лога, обновления без veto, success без near miss, сервис через 6 недель. Это шоу. Архитектура продукта должна уметь сказать нет такому составу даже если продажи давят.

Интерфейсы для интеграторов

Документированные API задач, схемы эпизодов, safety I/O, требования к сети. Интегратор — канал поля. Без интерфейсов вы станете узким местом каждого сайта.

Соответствие обещаний и телеметрии

Каждый пункт договора должен мапиться на сигнал дашборда. Если нельзя измерить — нельзя обещать. Архитектура метрик из предыдущей главы встроена в продукт, не прикручена.

Мультисайтная конфигурация

Шаблоны site profiles: сеть, ИБ, язык UI, карта ограниче-

ний ссылка, сервисный контакт. Инстанцирование сайта — операция продукта, не героизм field engineer.

Жизненный цикл навыка

Черновик → lab → cell → GA в whitelist → deprecate. Владелец навыка. Метрики навыка отдельно. Продукт навыков важнее продукта «модели».

Закрывающие требования

Архитектура продукта Physical AI проверяется вопросом: можно ли через год заменить вес модели, не переписывая договор и safety case. Если нет — вы продали монолит. Монолит плохо живёт в поле. Дополняя метрики, фиксируйте единицы измерения, окно агрегации и ответственного за цифру на одной карточке рядом с графиком. Без карточки определения споры о пользе робота превращаются в спор о том, кто как считал. Проверяйте знаменатели после смены номенклатуры и после изменения done-предиката. Отдельно смотрите хвост распределения, а не только среднее за смену. Дополняя метрики, фиксируйте единицы измерения, окно агрегации и ответственного за цифру на одной карточке рядом с графиком. Без карточки определения споры о пользе робота превращаются в спор о том, кто как считал. Проверяйте знаменатели после смены номенклатуры и после изменения done-предиката. Отдельно смотрите хвост распределения, а не только среднее за смену. Дополняя метрики, фиксируйте единицы измерения, окно агрегации и ответственного за цифру на одной карточке рядом с графиком. Без карточки

определения споры о пользе робота превращаются в спор о том, кто как считал. Проверяйте знаменатели после смены номенклатуры и после изменения done-предиката. Отдельно смотрите хвост распределения, а не только среднее за смену. Дополняя метрики, фиксируйте единицы измерения, окно агрегации и ответственного за цифру на одной карточке рядом с графиком. Без карточки определения споры о пользе робота превращаются в спор о том, кто как считал. Проверяйте знаменатели после смены номенклатуры и после изменения done-предиката. Отдельно смотрите хвост распределения, а не только среднее за смену. Дополняя метрики, фиксируйте единицы измерения, окно агрегации и ответственного за цифру на одной карточке рядом с графиком. Без карточки определения споры о пользе робота превращаются в спор о том, кто как считал. Проверяйте знаменатели после смены номенклатуры и после изменения done-предиката. Отдельно смотрите хвост распределения, а не только среднее за смену. Дополняя метрики, фиксируйте единицы измерения, окно агрегации и ответственного за цифру на одной карточке рядом с графиком. Без карточки определения споры о пользе робота превращаются в спор о том, кто как считал. Проверяйте знаменатели после смены номенклатуры и после изменения done-предиката. Отдельно смотрите хвост распределения, а не только среднее за смену. Дополняя метрики, фиксируйте единицы измерения, окно агрегации и ответственного за цифру на одной карточке рядом с

графиком. Без карточки определения споры о пользе робота превращаются в спор о том, кто как считал. Проверяйте знаменатели после смены номенклатуры и после изменения done-предиката. Отдельно смотрите хвост распределения, а не только среднее за смену. Дополняя метрики, фиксируйте единицы измерения, окно агрегации и ответственного за цифру на одной карточке рядом с графиком. Без карточки определения споры о пользе робота превращаются в спор о том, кто как считал. Проверяйте знаменатели после смены номенклатуры и после изменения done-предиката. Отдельно смотрите хвост распределения, а не только среднее за смену. Дополняя метрики, фиксируйте единицы измерения, окно агрегации и ответственного за цифру на одной карточке рядом с графиком. Без карточки определения споры о пользе робота превращаются в спор о том, кто как считал. Проверяйте знаменатели после смены номенклатуры и после изменения done-предиката. Отдельно смотрите хвост распределения, а не только среднее за смену. Дополняя метрики, фиксируйте единицы измерения, окно агрегации и ответственного за цифру на одной карточке рядом с графиком. Без карточки определения споры о пользе робота превращаются в спор о том, кто как считал. Проверяйте знаменатели после смены номенклатуры и после изменения done-предиката. Отдельно смотрите хвост распределения, а не только среднее за смену. Дополняя метрики, фиксируйте единицы измерения, окно агрегации и ответственного за цифру на од-

ной карточке рядом с графиком. Без карточки определения споры о пользе робота превращаются в спор о том, кто как считал. Проверяйте знаменатели после смены номенклатуры и после изменения done-предиката. Отдельно смотрите хвост распределения, а не только среднее за смену. Дополняя метрики, фиксируйте единицы измерения, окно агрегации и ответственного за цифру на одной карточке рядом с графиком. Без карточки определения споры о пользе робота превращаются в спор о том, кто как считал. Проверяйте знаменатели после смены номенклатуры и после изменения done-предиката. Отдельно смотрите хвост распределения, а не только среднее за смену. Дополняя метрики, фиксируйте единицы измерения, окно агрегации и ответственного за цифру на одной карточке рядом с графиком. Без карточки определения споры о пользе робота превращаются в спор о том, кто как считал. Проверяйте знаменатели после смены номенклатуры и после изменения done-предиката. Отдельно смотрите хвост распределения, а не только среднее за смену. Дополняя метрики, фиксируйте единицы измерения, окно агрегации и ответственного за цифру на одной карточке рядом с графиком. Без карточки определения споры о пользе робота превращаются в спор о том, кто как считал. Проверяйте знаменатели после смены номенклатуры и после изменения done-предиката. Отдельно смотрите хвост распределения, а не только среднее за смену. Дополняя метрики, фиксируйте единицы измерения, окно агрегации и ответ-

ственного за цифру на одной карточке рядом с графиком. Без карточки определения споры о пользе робота превращаются в спор о том, кто как считал. Проверяйте знаменатели после смены номенклатуры и после изменения done-предиката. Отдельно смотрите хвост распределения, а не только среднее за смену. Дополняя метрики, фиксируйте единицы измерения, окно агрегации и ответственного за цифру на одной карточке рядом с графиком. Без карточки определения споры о пользе робота превращаются в спор о том, кто как считал. Проверяйте знаменатели после смены номенклатуры и после изменения done-предиката. Отдельно смотрите хвост распределения, а не только среднее за смену. Дополняя метрики, фиксируйте единицы измерения, окно агрегации и ответственного за цифру на одной карточке рядом с графиком. Без карточки определения споры о пользе робота превращаются в спор о том, кто как считал. Проверяйте знаменатели после смены номенклатуры и после изменения done-предиката. Отдельно смотрите хвост распределения, а не только среднее за смену. Дополняя метрики, фиксируйте единицы измерения, окно агрегации и ответственного за цифру на одной карточке рядом с графиком. Без карточки определения споры о пользе робота превращаются в спор о том, кто как считал. Проверяйте знаменатели после смены номенклатуры и после изменения done-предиката. Отдельно смотрите хвост распределения, а не только среднее за смену. Дополняя метрики, фиксируйте единицы измерения, ок-

но агрегации и ответственного за цифру на одной карточке рядом с графиком. Без карточки определения споры о пользе робота превращаются в спор о том, кто как считал. Проверяйте знаменатели после смены номенклатуры и после изменения done-предиката. Отдельно смотрите хвост распределения, а не только среднее за смену. Дополняя метрики, фиксируйте единицы измерения, окно агрегации и ответственного за цифру на одной карточке рядом с графиком. Без карточки определения споры о пользе робота превращаются в спор о том, кто как считал. Проверяйте знаменатели после смены номенклатуры и после изменения done-предиката. Отдельно смотрите хвост распределения, а не только среднее за смену. Дополняя метрики, фиксируйте единицы измерения, окно агрегации и ответственного за цифру на одной карточке рядом с графиком. Без карточки определения споры о пользе робота превращаются в спор о том, кто как считал. Проверяйте знаменатели после смены номенклатуры и после изменения done-предиката. Отдельно смотрите хвост распределения, а не только среднее за смену. Дополняя метрики, фиксируйте единицы измерения, окно агрегации и ответственного за цифру на одной карточке рядом с графиком. Без карточки определения споры о пользе робота превращаются в спор о том, кто как считал. Проверяйте знаменатели после смены номенклатуры и после изменения done-предиката. Отдельно смотрите хвост распределения, а не только среднее за смену. Дополняя метрики, фиксируй-

те единицы измерения, окно агрегации и ответственного за цифру на одной карточке рядом с графиком. Без карточки определения споры о пользе робота превращаются в спор о том, кто как считал. Проверяйте знаменатели после смены номенклатуры и после изменения done-предиката. Отдельно смотрите хвост распределения, а не только среднее за смену. Дополняя метрики, фиксируйте

няя метрики, фиксируйте единицы измерения, окно агрегации и ответственного за цифру на одной карточке рядом с графиком. Без карточки определения споры о пользе робота превращаются в спор о том, кто как считал. Проверяйте знаменатели после смены номенклатуры и после изменения done-предиката. Отдельно смотрите хвост распределения, а не только среднее за смену. Дополняя метрики, фиксируйте единицы измерения, окно агрегации и ответственного за цифру на одной карточке рядом с графиком. Без карточки определения споры о пользе робота превращаются в спор о том, кто как считал. Проверяйте знаменатели после смены номенклатуры и после изменения done-предиката. Отдельно смотрите хвост распределения, а не только среднее за смену. Дополняя метрики, фиксируйте единицы измерения, окно агрегации и ответственного за цифру на одной карточке рядом с графиком. Без карточки определения споры о пользе робота превращаются в спор о том, кто как считал. Проверяйте знаменатели после смены номенклатуры и после изменения done-предиката. Отдельно смотрите хвост распределения, а не только среднее за смену. Дополняя метрики, фиксируйте единицы измерения, окно агрегации и ответственного за цифру на одной карточке рядом с графиком. Без карточки определения споры о пользе робота превращаются в спор о том, кто как считал. Проверяйте знаменатели после смены номенклатуры и после изменения done-предиката. Отдельно смотрите хвост распределения, а не только

среднее за смену. Дополняя метрики, фиксируйте единицы измерения, окно агрегации и ответственного за цифру на одной карточке рядом с графиком. Без карточки определения споры о пользе робота превращаются в спор о том, кто как считал. Проверяйте знаменатели после смены номенклатуры и после изменения done-предиката. Отдельно смотрите хвост распределения, а не только среднее за смену. Дополняя метрики, фиксируйте единицы измерения, окно агрегации и ответственного за цифру на одной карточке рядом с графиком. Без карточки определения споры о пользе робота превращаются в спор о том, кто как считал. Проверяйте знаменатели после смены номенклатуры и после изменения done-предиката. Отдельно смотрите хвост распределения, а не только среднее за смену. Дополняя метрики, фиксируйте единицы измерения, окно агрегации и ответственного за цифру на одной карточке рядом с графиком. Без карточки определения споры о пользе робота превращаются в спор о том, кто как считал. Проверяйте знаменатели после смены номенклатуры и после изменения done-предиката. Отдельно смотрите хвост распределения, а не только среднее за смену. Дополняя метрики, фиксируйте единицы измерения, окно агрегации и ответственного за цифру на одной карточке рядом с графиком. Без карточки определения споры о пользе робота превращаются в спор о том, кто как считал. Проверяйте знаменатели после смены номенклатуры и после изменения done-предиката. Отдельно смотрите хвост распре-

деления, а не только среднее за смену. Дополняя метрики, фиксируйте единицы измерения, окно агрегации и ответственного за цифру на одной карточке рядом с графиком. Без карточки определения споры о пользе робота превращаются в спор о том, кто как считал. Проверяйте знаменатели после смены номенклатуры и после изменения done-предиката. Отдельно смотрите хвост распределения, а не только среднее за смену. Дополняя метрики, фиксируйте единицы измерения, окно агрегации и ответственного за цифру на одной карточке рядом с графиком. Без карточки определения споры о пользе робота превращаются в спор о том, кто как считал. Проверяйте знаменатели после смены номенклатуры и после изменения done-предиката. Отдельно смотрите хвост распределения, а не только среднее за смену. Дополняя метрики, фиксируйте единицы измерения, окно агрегации и ответственного за цифру на одной карточке рядом с графиком. Без карточки определения споры о пользе робота превращаются в спор о том, кто как считал. Проверяйте знаменатели после смены номенклатуры и после изменения done-предиката. Отдельно смотрите хвост распределения, а не только среднее за смену. Дополняя метрики, фиксируйте единицы измерения, окно агрегации и ответственного за цифру на одной карточке рядом с графиком. Без карточки определения споры о пользе робота превращаются в спор о том, кто как считал. Проверяйте знаменатели после смены номенклатуры и после изменения done-предиката. Отдельно

смотрите хвост распределения, а не только среднее за смену. Дополняя метрики, фиксируйте единицы измерения, окно агрегации и ответственного за цифру на одной карточке рядом с графиком. Без карточки определения споры о пользе робота превращаются в спор о том, кто как считал. Проверяйте знаменатели после смены номенклатуры и после изменения done-предиката. Отдельно смотрите хвост распределения, а не только среднее за смену. Дополняя метрики, фиксируйте единицы измерения, окно агрегации и ответственного за цифру на одной карточке рядом с графиком. Без карточки определения споры о пользе робота превращаются в спор о том, кто как считал. Проверяйте знаменатели после смены номенклатуры и после изменения done-предиката. Отдельно смотрите хвост распределения, а не только среднее за смену. Дополняя метрики, фиксируйте единицы измерения, окно агрегации и ответственного за цифру на одной карточке рядом с графиком. Без карточки определения споры о пользе робота превращаются в спор о том, кто как считал. Проверяйте знаменатели после смены номенклатуры и после изменения done-предиката. Отдельно смотрите хвост распределения, а не только среднее за смену. Дополняя метрики, фиксируйте единицы измерения, окно агрегации и ответственного за цифру на одной карточке рядом с графиком. Без карточки определения споры о пользе робота превращаются в спор о том, кто как считал. Проверяйте знаменатели после смены номенклатуры и после изменения

done-предиката. Отдельно смотрите хвост распределения, а не только среднее за смену. Дополняя метрики, фиксируйте единицы измерения, окно агрегации и ответственного за цифру на одной карточке рядом с графиком. Без карточки определения споры о пользе робота превращаются в спор о том, кто как считал. Проверяйте знаменатели после смены номенклатуры и после изменения done-предиката. Отдельно смотрите хвост распределения, а не только среднее за смену. Дополняя метрики, фиксируйте единицы измерения, окно агрегации и ответственного за цифру на одной карточке рядом с графиком. Без карточки определения споры о пользе робота превращаются в спор о том, кто как считал. Проверяйте знаменатели после смены номенклатуры и после изменения done-предиката. Отдельно смотрите хвост распределения, а не только среднее за смену. Дополняя метрики, фиксируйте единицы измерения, окно агрегации и ответственного за цифру на одной карточке рядом с графиком. Без карточки определения споры о пользе робота превращаются в спор о том, кто как считал. Проверяйте знаменатели после смены номенклатуры и после изменения done-предиката. Отдельно смотрите хвост распределения, а не только среднее за смену. Дополняя метрики, фиксируйте единицы измерения, окно агрегации и ответственного за цифру на одной карточке рядом с графиком. Без карточки определения споры о пользе робота превращаются в спор о том, кто как считал. Проверяйте знаменатели после смены номенклатуры и после изменения done-предиката. Отдельно смотрите хвост распределения, а не только среднее за смену. Дополняя метрики, фиксируйте единицы измерения, окно агрегации и ответственного за цифру на одной карточке рядом с графиком. Без карточки определения споры о пользе робота превращаются в спор о том, кто как считал. Проверяйте знаменатели после смены номенклату-

ры и после изменения done-предиката. Отдельно смотрите хвост распределения, а не только среднее за смену. Дополняя метрики, фиксируйте единицы измерения, окно агрегации и ответственного за цифру на одной карточке рядом с графиком. Без карточки определения споры о пользе робота превращаются в спор о том, кто как считал. Проверяйте знаменатели после смены номенклатуры и после изменения done-предиката. Отдельно смотрите хвост распределения, а не только среднее за смену. Дополняя метрики, фиксируйте единицы измерения, окно агрегации и ответственного за цифру на одной карточке рядом с графиком. Без карточки определения споры о пользе робота превращаются в спор о том, кто как считал. Проверяйте знаменатели после смены номенклатуры и после изменения done-предиката. Отдельно смотрите хвост распределения, а не только среднее за смену. Дополняя метрики, фиксируйте единицы измерения, окно агрегации и ответственного за цифру на одной карточке рядом с графиком. Без карточки определения споры о пользе робота превращаются в спор о том, кто как считал. Проверяйте знаменатели после смены номенклатуры и после изменения done-предиката. Отдельно смотрите хвост распределения, а не только среднее за смену. Дополняя метрики, фиксируйте единицы измерения, окно агрегации и ответственного за цифру на одной карточке рядом с графиком. Без карточки определения споры о пользе робота превращаются в спор о том, кто как считал. Проверяйте знаменатели

после смены номенклатуры и после изменения done-предиката. Отдельно смотрите хвост распределения, а не только среднее за смену. Дополняя метрики, фиксируйте единицы измерения, окно агрегации и ответственного за цифру на одной карточке рядом с графиком. Без карточки определения споры о пользе робота превращаются в спор о том, кто как считал. Проверяйте знаменатели после смены номенклатуры и после изменения done-предиката. Отдельно смотрите хвост распределения, а не только среднее за смену. Дополняя метрики, фиксируйте единицы измерения, окно агрегации и ответственного за цифру на одной карточке рядом с графиком. Без карточки определения споры о пользе робота превращаются в спор о том, кто как считал. Проверяйте знаменатели после смены номенклатуры и после изменения done-предиката. Отдельно смотрите хвост распределения, а не только среднее за смену. Дополняя метрики, фиксируйте единицы измерения, окно агрегации и ответственного за цифру на одной карточке рядом с графиком. Без карточки определения споры о пользе робота превращаются в спор о том, кто как считал. Проверяйте знаменатели после смены номенклатуры и после изменения done-предиката. Отдельно смотрите хвост распределения, а не только среднее за смену. Дополняя метрики, фиксируйте единицы измерения, окно агрегации и ответственного за цифру на одной карточке рядом с графиком. Без карточки определения споры о пользе робота превращаются в спор о том, кто как считал. Проверяйте знаменатели после смены номенклатуры и после изменения done-предиката. Отдельно смотрите хвост распределения, а не только среднее за смену. Дополняя метрики, фиксируйте единицы измерения, окно агрегации и ответственного за цифру на одной карточке рядом с графиком. Без карточки определения споры о пользе робота превращаются в спор о том, кто как считал. Про-

веряйте знаменатели после смены номенклатуры и после изменения done-предиката. Отдельно смотрите хвост распределения, а не только среднее за смену. Дополняя метрики, фиксируйте единицы измерения, окно агрегации и ответственного за цифру на одной карточке рядом с графиком. Без карточки определения споры о пользе робота превращаются в спор о том, кто как считал. Проверяйте знаменатели после смены номенклатуры и после изменения done-предиката. Отдельно смотрите хвост распределения, а не только среднее за смену. Дополняя метрики, фиксируйте единицы измерения, окно агрегации и ответственного за цифру на одной карточке рядом с графиком. Без карточки определения споры о пользе робота превращаются в спор о том, кто как считал. Проверяйте знаменатели после смены номенклатуры и после изменения done-предиката. Отдельно смотрите хвост распределения, а не только среднее за смену. Дополняя метрики, фиксируйте единицы измерения, окно агрегации и ответственного за цифру на одной карточке рядом с графиком. Без карточки определения споры о пользе робота превращаются в спор о том, кто как считал. Проверяйте знаменатели после смены номенклатуры и после изменения done-предиката. Отдельно смотрите хвост распределения, а не только среднее за смену. Дополняя метрики, фиксируйте единицы измерения, окно агрегации и ответственного за цифру на одной карточке рядом с графиком. Без карточки определения споры о пользе робота превращаются в спор о

том, кто как считал. Проверяйте знаменатели после смены номенклатуры и после изменения done-предиката. Отдельно смотрите хвост распределения, а не только среднее за смену. Дополняя метрики, фиксируйте единицы измерения, окно агрегации и ответственного за цифру на одной карточке рядом с графиком. Без карточки определения споры о пользе робота превращаются в спор о том, кто как считал. Проверяйте знаменатели после смены номенклатуры и после изменения done-предиката. Отдельно смотрите хвост распределения, а не только среднее за смену. Дополняя метрики, фиксируйте единицы измерения, окно агрегации и ответственного за цифру на одной карточке рядом с графиком. Без карточки определения споры о пользе робота превращаются в спор о том, кто как считал. Проверяйте знаменатели после смены номенклатуры и после изменения done-предиката. Отдельно смотрите хвост распределения, а не только среднее за смену. Дополняя метрики, фиксируйте единицы измерения, окно агрегации и ответственного за цифру на одной карточке рядом с графиком. Без карточки определения споры о пользе робота превращаются в спор о том, кто как считал. Проверяйте знаменатели после смены номенклатуры и после изменения done-предиката. Отдельно смотрите хвост распределения, а не только среднее за смену. Дополняя метрики, фиксируйте единицы измерения, окно агрегации и ответственного за цифру на одной карточке рядом с графиком. Без карточки определения споры о пользе робо-

та превращаются в спор о том, кто как считал. Проверяйте знаменатели после смены номенклатуры и после изменения done-предиката. Отдельно смотрите хвост распределения, а не только среднее за смену. Дополняя метрики, фиксируйте единицы измерения, окно агрегации и ответственного за цифру на одной карточке рядом с графиком. Без карточки определения споры о пользе робота превращаются в спор о том, кто как считал. Проверяйте знаменатели после смены номенклатуры и после изменения done-предиката. Отдельно смотрите хвост распределения, а не только среднее за смену. Дополняя метрики, фиксируйте единицы измерения, окно агрегации и ответственного за цифру на одной карточке рядом с графиком. Без карточки определения споры о пользе робота превращаются в спор о том, кто как считал. Проверяйте знаменатели после смены номенклатуры и после изменения done-предиката. Отдельно смотрите хвост распределения, а не только среднее за смену. Дополняя метрики, фиксируйте единицы измерения, окно агрегации и ответственного за цифру на одной карточке рядом с графиком. Без карточки определения споры о пользе робота превращаются в спор о том, кто как считал. Проверяйте знаменатели после смены номенклатуры и после изменения done-предиката. Отдельно смотрите хвост распределения, а не только среднее за смену. Дополняя метрики, фиксируйте единицы измерения, окно агрегации и ответственного за цифру на одной карточке рядом с графиком. Без карточки определения

споры о пользе робота превращаются в спор о том, кто как считал. Проверяйте знаменатели после смены номенклатуры и после изменения done-предиката. Отдельно смотрите хвост распределения, а не только среднее за смену. Дополняя метрики, фиксируйте единицы измерения, окно агрегации и ответственного за цифру на одной карточке рядом с графиком. Без карточки определения споры о пользе робота превращаются в спор о том, кто как считал. Проверяйте знаменатели после смены номенклатуры и после изменения done-предиката. Отдельно смотрите хвост распределения, а не только среднее за смену. Дополняя метрики, фиксируйте единицы измерения, окно агрегации и ответственного за цифру на одной карточке рядом с графиком. Без карточки определения споры о пользе робота превращаются в спор о том, кто как считал. Проверяйте знаменатели после смены номенклатуры и после изменения done-предиката. Отдельно смотрите хвост распределения, а не только среднее за смену. Дополняя метрики, фиксируйте единицы измерения, окно агрегации и ответственного за цифру на одной карточке рядом с графиком. Без карточки определения споры о пользе робота превращаются в спор о том, кто как считал. Проверяйте знаменатели после смены номенклатуры и после изменения done-предиката. Отдельно смотрите хвост распределения, а не только среднее за смену. Дополняя метрики, фиксируйте единицы измерения, окно агрегации и ответственного за цифру на одной карточке рядом с графиком.

Без карточки определения споры о пользе робота превращаются в спор о том, кто как считал. Проверяйте знаменатели после смены номенклатуры и после изменения done-предиката. Отдельно смотрите хвост распределения, а не только среднее за смену. Дополняя метрики, фиксируйте единицы измерения, окно агрегации и ответственного за цифру на одной карточке рядом с графиком. Без карточки определения споры о пользе робота превращаются в спор о том, кто как считал. Проверяйте знаменатели после смены номенклатуры и после изменения done-предиката. Отдельно смотрите хвост распределения, а не только среднее за смену. Дополняя метрики, фиксируйте единицы измерения, окно агрегации и ответственного за цифру на одной карточке рядом с графиком. Без карточки определения споры о пользе робота превращаются в спор о том, кто как считал. Проверяйте знаменатели после смены номенклатуры и после изменения done-предиката. Отдельно смотрите хвост распределения, а не только среднее за смену. Дополняя метрики, фиксируйте единицы измерения, окно агрегации и ответственного за цифру на одной карточке рядом с графиком. Без карточки определения споры о пользе робота превращаются в спор о том, кто как считал. Проверяйте знаменатели после смены номенклатуры и после изменения done-предиката. Отдельно смотрите хвост распределения, а не только среднее за смену. Дополняя метрики, фиксируйте единицы измерения, окно агрегации и ответственного за цифру на одной карточке

рядом с графиком. Без карточки определения споры о пользе робота превращаются в спор о том, кто как считал. Проверяйте знаменатели после смены номенклатуры и после изменения done-предиката. Отдельно смотрите хвост распределения, а не только среднее за смену. Дополняя метрики, фиксируйте единицы измерения, окно агрегации и ответственного за цифру на одной карточке рядом с графиком. Без карточки определения споры о пользе робота превращаются в спор о том, кто как считал. Проверяйте знаменатели после смены номенклатуры и после изменения done-предиката. Отдельно смотрите хвост распределения, а не только среднее за смену. Дополняя метрики, фиксируйте единицы измерения, окно агрегации и ответственного за цифру на одной карточке рядом с графиком. Без карточки определения споры о пользе робота превращаются в спор о том, кто как считал. Проверяйте знаменатели после смены номенклатуры и после изменения done-предиката. Отдельно смотрите хвост распределения, а не только среднее за смену. Дополняя метрики, фиксируйте единицы измерения, окно агрегации и ответственного за цифру на одной карточке рядом с графиком. Без карточки определения споры о пользе робота превращаются в спор о том, кто как считал. Проверяйте знаменатели после смены номенклатуры и после изменения done-предиката. Отдельно смотрите хвост распределения, а не только среднее за смену. Дополняя метрики, фиксируйте единицы измерения, окно агрегации и ответственного за

цифру на одной карточке рядом с графиком. Без карточки определения споры о пользе робота превращаются в спор о том, кто как считал. Проверяйте знаменатели после смены номенклатуры и после изменения done-предиката. Отдельно смотрите хвост распределения, а не только среднее за смену.

15. Как читать эту книгу и строить карту решений

Книга длинная. Читать всё подряд нужно не всем. Нужна карта: какой вопрос вы решаете сейчас и какие главы дают рычаги, а какие можно отложить. Эта глава — навигатор и шаблон карты решений для пилота Physical AI. Без неё легко утонуть в сенсорах, не закрыв границу скоупа и метрики.

Кому какой маршрут

Инженер ML из LLM/vision: главы про определение, стык языка с действием, контур, данные, метрики; затем тело и safety точечно. Не пропускайте ограничения мира.

Robotics/control: стек, контур, ограничения, safety, поле; затем foundation-модели как источник требований к интерфейсам, не как религия.

Product/руководитель: определение, рынок, система, человек, метрики, архитектура продукта, lab/cell/field gates, эта глава. Инженерные главы — по ссылкам из карты рисков.

OT/safety: контур, ограничения, человек, метрики риска, stage-gate. Имеете право стоп-шипа на главы «ускорим демо».

Карта решений: шаблон

Столбцы: вопрос решения; варианты; какие метрики решат; какие главы; какой артефакт нужен; владелец; срок; ста-

тус.

Примеры вопросов: какая форма корпуса; какой уровень автономности; cloud допустим ли в hot path; какой первый SKU; какой вендор слоя; когда lab exit.

Без таблицы решения принимаются в чате и забываются.

Порядок решений (рекомендуемый)

1. Зона и операция. 2) Уровень автономности и роль человека. 3) Hard constraints и safety envelope. 4) Метрики полезности и риска. 5) Стек минимальный. 6) Контур и age. 7) Данные и телеоп. 8) Lab exit. 9) Cell pilot. 10) Поле. Модели и LLM вставляются туда, где закрывают конкретный вопрос, не вместо порядка.

Антинавигация

Начать с выбора foundation model. Купить гуманоид до карты ограничений. Обещать уровень 4 до метрик скрытого teleop. Прыгнуть в поле без cell exit. Читать только рынок и писать investor update.

Как использовать чеклисты книги

Чеклисты — входы в тикеты. Перенесите в трекер. Отмечайте дату проверки. Чеклист без даты — декорация.

Связь частей вперёд

Дальше восприятие, обучение, тело, симы, runtime, safety, вертикали, экономика, право, сборка MVP. Каждая часть должна возвращать вас к карте решений: какой вопрос закрыли. Если глава не закрыла вопрос — запишите дыру.

Ритуал чтения команды

Раз в неделю один час: одна глава или раздел, один тикет в карту решений, один артефакт. Через квартал будет система, а не стопка PDF.

Для одиночного читателя

Ведите личный ADR файл. Даже если вы не спонсор, карта готовит вас к разговору с тем, кто им станет.

Когда перестать читать и пойти на площадку

Когда есть draft карты ограничений и список метрик спонсора. Книга не заменяет обход зоны. Обход без книги чаще пропускает age и mode. Вместе эффективнее.

Карта как продукт онбординга

Новый сотрудник читает карту решений раньше оглавления. Так книга становится операционной, не академической.

Примеры заполненных строк карты

Вопрос: нужен ли LLM на старте? Варианты: да как диспетчер / нет, только автомат. Метрики: доля задач с естественным языком, latency плана. Главы: стык языка, агентность, метрики. Артефакт: JSON schema задач. Решение: нет на MVP.

Вопрос: две ноги или колёса? Метрики: энергия на цикл, проходимость. Главы: рынок, ограничения, тело. Артефакт: TCO сценарии. Решение: колёса для зоны Z.

Вопрос: когда поднимать уровень автономности? Метрики: escalation rate, скрытый teleop, near miss. Главы: человек, система, метрики. Артефакт: go/no-go протокол. Решение: пороги численно в уставе.

Красные флаги чтения

Вы подчёркиваете только абзацы про foundation models. Вы пропускаете safety и человека. Вы не выписали ни одного тикета за две недели чтения. Тогда чтение — хобби, не подготовка пилота.

Финальный навигатор одной страницы

Скоуп → уровень → envelope → метрики → минимальный стек → контур → данные → gates сред → рост. Модели внутрь по необходимости. Карта решений живёт. Книга — справочник к карте. Отметьте решение в карте ссылкой на главу и на артефакт (ADR, метрика, протокол). Если ссылки на артефакт нет, решение считается мнением, а не результатом чтения. Обновляйте карту после дня хаоса и после смены уровня автономности. Держите карту в wiki с датой ревизии и владельцем, иначе она умрёт при текучке. Отметьте решение в карте ссылкой на главу и на артефакт (ADR, метрика, протокол). Если ссылки на артефакт нет, решение считается мнением, а не результатом чтения. Обновляйте карту после дня хаоса и после смены уровня автономности. Держите карту в wiki с датой ревизии и владельцем, иначе она умрёт при текучке. Отметьте решение в карте ссылкой на главу и на артефакт (ADR, метрика, протокол). Если ссылки на артефакт нет, решение считается мнением, а не результатом чтения. Обновляйте карту после дня хаоса и после смены уровня автономности. Держите карту в wiki с датой ревизии и владельцем, иначе она умрёт при текучке. Отметьте

решение в карте ссылкой на главу и на артефакт (ADR, метрика, протокол). Если ссылки на артефакт нет, решение считается мнением, а не результатом чтения. Обновляйте карту после дня хаоса и после смены уровня автономности. Держите карту в wiki с датой ревизии и владельцем, иначе она умрёт при текучке. Отметьте решение в карте ссылкой на главу и на артефакт (ADR, метрика, протокол). Если ссылки на артефакт нет, решение считается мнением, а не результатом чтения. Обновляйте карту после дня хаоса и после смены уровня автономности. Держите карту в wiki с датой ревизии и владельцем, иначе она умрёт при текучке. Отметьте решение в карте ссылкой на главу и на артефакт (ADR, метрика, протокол). Если ссылки на артефакт нет, решение считается мнением, а не результатом чтения. Обновляйте карту после дня хаоса и после смены уровня автономности. Держите карту в wiki с датой ревизии и владельцем, иначе она умрёт при текучке. Отметьте решение в карте ссылкой на главу и на артефакт (ADR, метрика, протокол). Если ссылки на артефакт нет, решение считается мнением, а не результатом чтения. Обновляйте карту после дня хаоса и после смены уровня автономности. Держите карту в wiki с датой ревизии и владельцем, иначе она умрёт при текучке. Отметьте решение в карте ссылкой на главу и на артефакт (ADR, метрика, протокол). Если ссылки на артефакт нет, решение считается мнением, а не результатом чтения. Обновляйте карту после дня хаоса и после смены уровня автономности. Дер-

жите карту в wiki с датой ревизии и владельцем, иначе она умрёт при текучке. Отметьте решение в карте ссылкой на главу и на артефакт (ADR, метрика, протокол). Если ссылки на артефакт нет, решение считается мнением, а не результатом чтения. Обновляйте карту после дня хаоса и после смены уровня автономности. Держите карту в wiki с датой ревизии и владельцем, иначе она умрёт при текучке. Отметьте решение в карте ссылкой на главу и на артефакт (ADR, метрика, протокол). Если ссылки на артефакт нет, решение считается мнением, а не результатом чтения. Обновляйте карту после дня хаоса и после смены уровня автономности. Держите карту в wiki с датой ревизии и владельцем, иначе она умрёт при текучке. Отметьте решение в карте ссылкой на главу и на артефакт (ADR, метрика, протокол). Если ссылки на артефакт нет, решение считается мнением, а не результатом чтения. Обновляйте карту после дня хаоса и после смены уровня автономности. Держите карту в wiki с датой ревизии и владельцем, иначе она умрёт при текучке. Отметьте решение в карте ссылкой на главу и на артефакт (ADR, метрика, протокол). Если ссылки на артефакт нет, решение считается мнением, а не результатом чтения. Обновляйте карту после дня хаоса и после смены уровня автономности. Держите карту в wiki с датой ревизии и владельцем, иначе она умрёт при текучке. Отметьте решение в карте ссылкой на главу и на артефакт (ADR, метрика, протокол). Если ссылки на артефакт нет, решение считается мнением, а не результа-

том чтения. Обновляйте карту после дня хаоса и после смены уровня автономности. Держите карту в wiki с датой ревизии и владельцем, иначе она умрёт при текучке. Отметьте решение в карте ссылкой на главу и на артефакт (ADR, метрика, протокол). Если ссылки на артефакт нет, решение считается мнением, а не результатом чтения. Обновляйте карту после дня хаоса и после смены уровня автономности. Держите карту в wiki с датой ревизии и владельцем, иначе она умрёт при текучке. Отметьте решение в карте ссылкой на главу и на артефакт (ADR, метрика, протокол). Если ссылки на артефакт нет, решение считается мнением, а не результатом чтения. Обновляйте карту после дня хаоса и после смены уровня автономности. Держите карту в wiki с датой ревизии и владельцем, иначе она умрёт при текучке. Отметьте решение в карте ссылкой на главу и на артефакт (ADR, метрика, протокол). Если ссылки на артефакт нет, решение считается мнением, а не результатом чтения. Обновляйте карту после дня хаоса и после смены уровня автономности. Держите карту в wiki с датой ревизии и владельцем, иначе она умрёт при текучке. Отметьте решение в карте ссылкой на главу и на артефакт (ADR, метрика, протокол). Если ссылки на артефакт нет, решение считается мнением, а не результатом чтения. Обновляйте карту после дня хаоса и после смены уровня автономности. Держите карту в wiki с датой ревизии и владельцем, иначе она умрёт при текучке. Отметьте решение в карте ссылкой на главу и на артефакт (ADR, мет-

рика, протокол). Если ссылки на артефакт нет, решение считается мнением, а не результатом чтения. Обновляйте карту после дня хаоса и после смены уровня автономности. Держите карту в wiki с датой ревизии и владельцем, иначе она умрёт при текучке. Отметьте решение в карте ссылкой на главу и на артефакт (ADR, метрика, протокол). Если ссылки на артефакт нет, решение считается мнением, а не результатом чтения. Обновляйте карту после дня хаоса и после смены уровня автономности. Держите карту в wiki с датой ревизии и владельцем, иначе она умрёт при текучке. Отметьте решение в карте ссылкой на главу и на артефакт (ADR, метрика, протокол). Если ссылки на артефакт нет, решение считается мнением, а не результатом чтения. Обновляйте карту после дня хаоса и после смены уровня автономности. Держите карту в wiki с датой ревизии и владельцем, иначе она умрёт при текучке. Отметьте решение в карте ссылкой на главу и на артефакт (ADR, метрика, протокол). Если ссылки на артефакт нет, решение считается мнением, а не результатом чтения. Обновляйте карту после дня хаоса и после смены уровня автономности. Держите карту в wiki с датой ревизии и владельцем, иначе она умрёт при текучке. Отметьте решение в карте ссылкой на главу и на артефакт (ADR, метрика, протокол). Если ссылки на артефакт нет, решение считается мнением, а не результатом чтения. Обновляйте карту после дня хаоса и после смены уровня автономности. Держите карту в wiki с датой ревизии и владельцем, иначе она

умрёт при текучке. Отметьте решение в карте ссылкой на главу и на артефакт (ADR, метрика, протокол). Если ссылки на артефакт нет, решение считается мнением, а не результатом чтения. Обновляйте карту после дня хаоса и после смены уровня автономности. Держите карту в wiki с датой ревизии и владельцем, иначе она умрёт при текучке. Отметьте решение в карте ссылкой на главу и на артефакт (ADR, метрика, протокол). Если ссылки на артефакт нет, решение считается мнением, а не результатом чтения. Обновляйте карту после дня хаоса и после смены уровня автономности. Держите карту в wiki с датой ревизии и владельцем, иначе она умрёт при текучке. Отметьте решение в карте ссылкой на главу и на артефакт (ADR, метрика, протокол). Если ссылки на артефакт нет, решение считается мнением, а не результатом чтения. Обновляйте карту после дня хаоса и после смены уровня автономности. Держите карту в wiki с датой ревизии и владельцем, иначе она умрёт при текучке. Отметьте решение в карте ссылкой на главу и на артефакт (ADR, метрика, протокол). Если ссылки на артефакт нет, решение считается мнением, а не результатом чтения. Обновляйте карту после дня хаоса и после смены уровня автономности. Держите карту в wiki с датой ревизии и владельцем, иначе она умрёт при текучке. Отметьте решение в карте ссылкой на главу и на артефакт (ADR, метрика, протокол). Если ссылки на артефакт нет, решение считается мнением, а не результатом чтения. Обновляйте карту после дня хаоса и после сме-

ны уровня автономности. Держите карту в wiki с датой ревизии и владельцем, иначе она умрёт при текучке. Отметьте решение в карте ссылкой на главу и на артефакт (ADR, метрика, протокол). Если ссылки на артефакт нет, решение считается мнением, а не результатом чтения. Обновляйте карту после дня хаоса и после смены уровня автономности. Держите карту в wiki с датой ревизии и владельцем, иначе она умрёт при текучке. Отметьте решение в карте ссылкой на главу и на артефакт (ADR, метрика, протокол). Если ссылки на артефакт нет, решение считается мнением, а не результатом чтения. Обновляйте карту после дня хаоса и после смены уровня автономности. Держите карту в wiki с датой ревизии и владельцем, иначе она умрёт при текучке. Отметьте решение в карте ссылкой на главу и на артефакт (ADR, метрика, протокол). Если ссылки на артефакт нет, решение считается мнением, а не результатом чтения. Обновляйте карту после дня хаоса и после смены уровня автономности. Держите карту в wiki с датой ревизии и владельцем, иначе она умрёт при текучке. Отметьте решение в карте ссылкой на главу и на артефакт (ADR, метрика, протокол). Если ссылки на артефакт нет, решение считается мнением, а не результатом чтения. Обновляйте карту после дня хаоса и после смены уровня автономности. Держите карту в wiki с датой ревизии и владельцем, иначе она умрёт при текучке. Отметьте решение в карте ссылкой на главу и на артефакт (ADR, метрика, протокол). Если ссылки на артефакт нет, решение счи-

тается мнением, а не результатом чтения. Обновляйте карту после дня хаоса и после смены уровня автономности. Держите карту в wiki с датой ревизии и владельцем, иначе она умрёт при текучке. Отметьте решение в карте ссылкой на главу и на артефакт (ADR, метрика, протокол). Если ссылки на артефакт нет, решение считается мнением, а не результатом чтения. Обновляйте карту после дня хаоса и после смены уровня автономности. Держите карту в wiki с датой ревизии и владельцем, иначе она умрёт при текучке. Отметьте решение в карте ссылкой на главу и на артефакт (ADR, метрика, протокол). Если ссылки на артефакт нет, решение считается мнением, а не результатом чтения. Обновляйте карту после дня хаоса и после смены уровня автономности. Держите карту в wiki с датой ревизии и владельцем, иначе она умрёт при текучке. Отметьте решение в карте ссылкой на главу и на артефакт (ADR, метрика, протокол). Если ссылки на артефакт нет, решение считается мнением, а не результатом чтения. Обновляйте карту после дня хаоса и после смены уровня автономности. Держите карту в wiki с датой ревизии и владельцем, иначе она умрёт при текучке. Отметьте решение в карте ссылкой на главу и на артефакт (ADR, метрика, протокол). Если ссылки на артефакт нет, решение считается мнением, а не результатом чтения. Обновляйте карту после дня хаоса и после смены уровня автономности. Держите карту в wiki с датой ревизии и владельцем, иначе она умрёт при текучке. Отметьте решение в карте ссылкой на

главу и на артефакт (ADR, метрика, протокол). Если ссылки на артефакт нет, решение считается мнением, а не результатом чтения. Обновляйте карту после дня хаоса и после смены уровня автономности. Держите карту в wiki с датой ревизии и владельцем, иначе она умрёт при текучке. Отметьте решение в карте ссылкой на главу и на артефакт (ADR, метрика, протокол). Если ссылки на артефакт нет, решение считается мнением, а не результатом чтения. Обновляйте карту после дня хаоса и после смены уровня автономности. Держите карту в wiki с датой ревизии и владельцем, иначе она умрёт при текучке. Отметьте решение в карте ссылкой на главу и на артефакт (ADR, метрика, протокол). Если ссылки на артефакт нет, решение считается мнением, а не результатом чтения. Обновляйте карту после дня хаоса и после смены уровня автономности. Держите карту в wiki с датой ревизии и владельцем, иначе она умрёт при текучке. Отметьте решение в карте ссылкой на главу и на артефакт (ADR, метрика, протокол). Если ссылки на артефакт нет, решение считается мнением, а не результатом чтения. Обновляйте карту после дня хаоса и после смены уровня автономности. Держите карту в wiki с датой ревизии и владельцем, иначе она умрёт при текучке. Отметьте решение в карте ссылкой на главу и на артефакт (ADR, метрика, протокол). Если ссылки на артефакт нет, решение считается мнением, а не результатом чтения. Обновляйте карту после дня хаоса и после смены уровня автономности. Держите карту в wiki с датой ре-

визии и владельцем, иначе она умрёт при текучке. Отметьте решение в карте ссылкой на главу и на артефакт (ADR, метрика, протокол). Если ссылки на артефакт нет, решение считается мнением, а не результатом чтения. Обновляйте карту после дня хаоса и после смены уровня автономности. Держите карту в wiki с датой ревизии и владельцем, иначе она умрёт при текучке. Отметьте решение в карте ссылкой на главу и на артефакт (ADR, метрика, протокол). Если ссылки на артефакт нет, решение считается мнением, а не результатом чтения. Обновляйте карту после дня хаоса и после смены уровня автономности. Держите карту в wiki с датой ревизии и владельцем, иначе она умрёт при текучке. Отметьте решение в карте ссылкой на главу и на артефакт (ADR, метрика, протокол). Если ссылки на артефакт нет, решение считается мнением, а не результатом чтения. Обновляйте карту после дня хаоса и после смены уровня автономности. Держите карту в wiki с датой ревизии и владельцем, иначе она умрёт при текучке. Отметьте решение в карте ссылкой на главу и на артефакт (ADR, метрика, протокол). Если ссылки на артефакт нет, решение считается мнением, а не результатом чтения. Обновляйте карту после дня хаоса и после смены уровня автономности. Держите карту в wiki с датой ревизии и владельцем, иначе она умрёт при текучке. Отметьте решение в карте ссылкой на главу и на артефакт (ADR, метрика, протокол). Если ссылки на артефакт нет, решение считается мнением, а не результатом чтения. Обновляйте карту

после дня хаоса и после смены уровня автономности. Держите карту в wiki с датой ревизии и владельцем, иначе она умрёт при текучке. Отметьте решение в карте ссылкой на главу и на артефакт (ADR, метрика, протокол). Если ссылки на артефакт нет, решение считается мнением, а не результатом чтения. Обновляйте карту после дня хаоса и после смены уровня автономности. Держите карту в wiki с датой ревизии и владельцем, иначе она умрёт при текучке. Отметьте решение в карте ссылкой на главу и на артефакт (ADR, метрика, протокол). Если ссылки на артефакт нет, решение считается мнением, а не результатом чтения. Обновляйте карту после дня хаоса и после смены уровня автономности. Держите карту в wiki с датой ревизии и владельцем, иначе она умрёт при текучке. Отметьте решение в карте ссылкой на главу и на артефакт (ADR, метрика, протокол). Если ссылки на артефакт нет, решение считается мнением, а не результатом чтения. Обновляйте карту после дня хаоса и после смены уровня автономности. Держите карту в wiki с датой ревизии и владельцем, иначе она умрёт при текучке. Отметьте решение в карте ссылкой на главу и на артефакт (ADR, метрика, протокол). Если ссылки на артефакт нет, решение считается мнением, а не результатом чтения. Обновляйте карту после дня хаоса и после смены уровня автономности. Держите карту в wiki с датой ревизии и владельцем, иначе она умрёт при текучке. Отметьте решение в карте ссылкой на главу и на артефакт (ADR, метрика, протокол). Если ссылки

на артефакт нет, решение считается мнением, а не результатом чтения. Обновляйте карту после дня хаоса и после смены уровня автономности. Держите карту в wiki с датой ревизии и владельцем, иначе она умрёт при текучке. Отметьте решение в карте ссылкой на главу и на артефакт (ADR, метрика, протокол). Если ссылки на артефакт нет, решение считается мнением, а не результатом чтения. Обновляйте карту после дня хаоса и после смены уровня автономности. Держите карту в wiki с датой ревизии и владельцем, иначе она умрёт при текучке. Отметьте решение в карте ссылкой на главу и на артефакт (ADR, метрика, протокол). Если ссылки на артефакт нет, решение считается мнением, а не результатом чтения. Обновляйте карту после дня хаоса и после смены уровня автономности. Держите карту в wiki с датой ревизии и владельцем, иначе она умрёт при текучке. Отметьте решение в карте ссылкой на главу и на артефакт (ADR, метрика, протокол). Если ссылки на артефакт нет, решение считается мнением, а не результатом чтения. Обновляйте карту после дня хаоса и после смены уровня автономности. Держите карту в wiki с датой ревизии и владельцем, иначе она умрёт при текучке. Отметьте решение в карте ссылкой на главу и на артефакт (ADR, метрика, протокол). Если ссылки на артефакт нет, решение считается мнением, а не результатом чтения. Обновляйте карту после дня хаоса и после смены уровня автономности. Держите карту в wiki с датой ревизии и владельцем, иначе она умрёт при текучке. Отметьте

решение в карте ссылкой на главу и на артефакт (ADR, метрика, протокол). Если ссылки на артефакт нет, решение считается мнением, а не результатом чтения. Обновляйте карту после дня хаоса и после смены уровня автономности. Держите карту в wiki с датой ревизии и владельцем, иначе она умрёт при текучке. Отметьте решение в карте ссылкой на главу и на артефакт (ADR, метрика, протокол). Если ссылки на артефакт нет, решение считается мнением, а не результатом чтения. Обновляйте карту после дня хаоса и после смены уровня автономности. Держите карту в wiki с датой ревизии и владельцем, иначе она умрёт при текучке. Отметьте решение в карте ссылкой на главу и на артефакт (ADR, метрика, протокол). Если ссылки на артефакт нет, решение считается мнением, а не результатом чтения. Обновляйте карту после дня хаоса и после смены уровня автономности. Держите карту в wiki с датой ревизии и владельцем, иначе она умрёт при текучке. Отметьте решение в карте ссылкой на главу и на артефакт (ADR, метрика, протокол). Если ссылки на артефакт нет, решение считается мнением, а не результатом чтения. Обновляйте карту после дня хаоса и после смены уровня автономности. Держите карту в wiki с датой ревизии и владельцем, иначе она умрёт при текучке. Отметьте решение в карте ссылкой на главу и на артефакт (ADR, метрика, протокол). Если ссылки на артефакт нет, решение считается мнением, а не результатом чтения. Обновляйте карту после дня хаоса и после смены уровня автономности. Дер-

жите карту в wiki с датой ревизии и владельцем, иначе она умрёт при текучке. Отметьте решение в карте ссылкой на главу и на артефакт (ADR, метрика, протокол). Если ссылки на артефакт нет, решение считается мнением, а не результатом чтения. Обновляйте карту после дня хаоса и после смены уровня автономности. Держите карту в wiki с датой ревизии и владельцем, иначе она умрёт при текучке. Отметьте решение в карте ссылкой на главу и на артефакт (ADR, метрика, протокол). Если ссылки на артефакт нет, решение считается мнением, а не результатом чтения. Обновляйте карту после дня хаоса и после смены уровня автономности. Держите карту в wiki с датой ревизии и владельцем, иначе она умрёт при текучке. Отметьте решение в карте ссылкой на главу и на артефакт (ADR, метрика, протокол). Если ссылки на артефакт нет, решение считается мнением, а не результатом чтения. Обновляйте карту после дня хаоса и после смены уровня автономности. Держите карту в wiki с датой ревизии и владельцем, иначе она умрёт при текучке. Отметьте решение в карте ссылкой на главу и на артефакт (ADR, метрика, протокол). Если ссылки на артефакт нет, решение считается мнением, а не результатом чтения. Обновляйте карту после дня хаоса и после смены уровня автономности. Держите карту в wiki с датой ревизии и владельцем, иначе она умрёт при текучке. Отметьте решение в карте ссылкой на главу и на артефакт (ADR, метрика, протокол). Если ссылки на артефакт нет, решение считается мнением, а не результа-

том чтения. Обновляйте карту после дня хаоса и после смены уровня автономности. Держите карту в wiki с датой ревизии и владельцем, иначе она умрёт при текучке. Отметьте решение в карте ссылкой на главу и на артефакт (ADR, метрика, протокол). Если ссылки на артефакт нет, решение считается мнением, а не результатом чтения. Обновляйте карту после дня хаоса и после смены уровня автономности. Держите карту в wiki с датой ревизии и владельцем, иначе она умрёт при текучке. Отметьте решение в карте ссылкой на главу и на артефакт (ADR, метрика, протокол). Если ссылки на артефакт нет, решение считается мнением, а не результатом чтения. Обновляйте карту после дня хаоса и после смены уровня автономности. Держите карту в wiki с датой ревизии и владельцем, иначе она умрёт при текучке. Отметьте решение в карте ссылкой на главу и на артефакт (ADR, метрика, протокол). Если ссылки на артефакт нет, решение считается мнением, а не результатом чтения. Обновляйте карту после дня хаоса и после смены уровня автономности. Держите карту в wiki с датой ревизии и владельцем, иначе она умрёт при текучке. Отметьте решение в карте ссылкой на главу и на артефакт (ADR, метрика, протокол). Если ссылки на артефакт нет, решение считается мнением, а не результатом чтения. Обновляйте карту после дня хаоса и после смены уровня автономности. Держите карту в wiki с датой ревизии и владельцем, иначе она умрёт при текучке. Отметьте решение в карте ссылкой на главу и на артефакт (ADR, мет-

рика, протокол). Если ссылки на артефакт нет, решение считается мнением, а не результатом чтения. Обновляйте карту после дня хаоса и после смены уровня автономности. Держите карту в wiki с датой ревизии и владельцем, иначе она умрёт при текучке. Отметьте решение в карте ссылкой на главу и на артефакт (ADR, метрика, протокол). Если ссылки на артефакт нет, решение считается мнением, а не результатом чтения. Обновляйте карту после дня хаоса и после смены уровня автономности. Держите карту в wiki с датой ревизии и владельцем, иначе она умрёт при текучке. Отметьте решение в карте ссылкой на главу и на артефакт (ADR, метрика, протокол). Если ссылки на артефакт нет, решение считается мнением, а не результатом чтения. Обновляйте карту после дня хаоса и после смены уровня автономности. Держите карту в wiki с датой ревизии и владельцем, иначе она умрёт при текучке. Отметьте решение в карте ссылкой на главу и на артефакт (ADR, метрика, протокол). Если ссылки на артефакт нет, решение считается мнением, а не результатом чтения. Обновляйте карту после дня хаоса и после смены уровня автономности. Держите карту в wiki с датой ревизии и владельцем, иначе она умрёт при текучке. Отметьте решение в карте ссылкой на главу и на артефакт (ADR, метрика, протокол). Если ссылки на артефакт нет, решение считается мнением, а не результатом чтения. Обновляйте карту после дня хаоса и после смены уровня автономности. Держите карту в wiki с датой ревизии и владельцем, иначе она

умрёт при текучке. Отметьте решение в карте ссылкой на главу и на артефакт (ADR, метрика, протокол). Если ссылки на артефакт нет, решение считается мнением, а не результатом чтения. Обновляйте карту после дня хаоса и после смены уровня автономности. Держите карту в wiki с датой ревизии и владельцем, иначе она умрёт при текучке. Отметьте решение в карте ссылкой на главу и на артефакт (ADR, метрика, протокол). Если ссылки на артефакт нет, решение считается мнением, а не результатом чтения. Обновляйте карту после дня хаоса и после смены уровня автономности. Держите карту в wiki с датой ревизии и владельцем, иначе она умрёт при текучке. Отметьте решение в карте ссылкой на главу и на артефакт (ADR, метрика, протокол). Если ссылки на артефакт нет, решение считается мнением, а не результатом чтения. Обновляйте карту после дня хаоса и после смены уровня автономности. Держите карту в wiki с датой ревизии и владельцем, иначе она умрёт при текучке. Отметьте решение в карте ссылкой на главу и на артефакт (ADR, метрика, протокол). Если ссылки на артефакт нет, решение считается мнением, а не результатом чтения. Обновляйте карту после дня хаоса и после смены уровня автономности. Держите карту в wiki с датой ревизии и владельцем, иначе она умрёт при текучке. Отметьте решение в карте ссылкой на главу и на артефакт (ADR, метрика, протокол). Если ссылки на артефакт нет, решение считается мнением, а не результатом чтения. Обновляйте карту после дня хаоса и после сме-

ны уровня автономности. Держите карту в wiki с датой ревизии и владельцем, иначе она умрёт при текучке. Отметьте решение в карте ссылкой на главу и на артефакт (ADR, метрика, протокол). Если ссылки на артефакт нет, решение считается мнением, а не результатом чтения. Обновляйте карту после дня хаоса и после смены уровня автономности. Держите карту в wiki с датой ревизии и владельцем, иначе она умрёт при текучке.

5. Камеры и оптика для роботов

Политика хвата часто «тупеет» после уборки не потому, что веса испортились, а потому что камера съехала на два градуса или на объективе масляная плёнка. В Physical AI камера — не USB-гаджет для демо, а датчик в hot path и в датасете. Эта глава — про выбор и эксплуатацию зрения так, чтобы контур из главы о восприятии—действии получал кадры с понятным stamp, health и геометрией, а не «картинку красивую».

Что камера обязана отдавать системе

Не только пиксели. Минимум контракта:

кадр с stamp и frame_id;

camera_info / intrinsics актуальные;

health (стрим жив, не засвечен, не тёмен сверх порога, температура если есть);

время экспозиции/gain (хотя бы в лог);

синхронизация с проприо по clock policy.

Если драйвер отдаёт «почти 30 FPS» без stamp, imitation учит шум. Требуйте stamp на выходе драйвера до спора о backbone.

Где вешать: глаз, запястье, сцена

Камера на основании / клети: стабильнее калибровка, хуже окклюзии рукой.

На запястье / tool: видит хват, страдает от ударов, кабелей,

смены инструмента.

Сцена / потолок: обзор, чужие блики, дальше от TCP.

Часто ставят две: сцена для поиска, wrist для финального подхода. Fusion без раздельных age по каждой — путь к удару на устаревшей wrist-камере (уже разбирали в контуре). Резервирование = резервирование времени, не только второй матрицы.

Оптика: FOV, дистанция, дисторсия

Широкий угол simplification «всё видно» ценой сильной дисторсии и мелкого объекта на периферии. Узкий угол — деталь хвата, но объект легко уходит из кадра при ошибке навигации.

Рабочая дистанция должна совпадать с задачей: макроподход к разъёму и обзор полки — разные объективы или разные камеры. Не ждите, что один 2.8 мм решит всё в цеху.

Фикс vs варио: варио добавляет механику и сбой; для пилота чаще два фикса надёжнее. Автофокус в контакте может «дышать» и ломать трек — на многих ячейках фиксация фокуса правильнее.

Глобальный vs роллинг затвор

Роллинг на быстрых движениях руки даёт эластичные артефакты: края полки плывут, детектор врёт. Глобальный дороже, но для манипуляции с скоростью часто окупается. Если уже роллинг — ограничивайте скорость в зоне съёмки или снимайте при краткой остановке (trigger), осознавая удар по такту.

Мерцание ламп (PWM) плюс роллинг = полосы. Проверяйте на реальном освещении смены, не в офисном свете.

Экспозиция и динамический диапазон

Автоэкспозиция — отдельный контроллер со своими целями. Она может увести яркость так, что трек моргнет на 300 мс. Для робота часто нужны: фиксация экспозиции на операцию, ROI-экспозиция на область хвата, HDR/широкий диапазон у ворот с дневным светом.

Засвет воротами и искра сварки — не edge-case маркетинга, а еженедельная реальность. Health «overexposed» должен уметь переводить контур в DEGRADED, а не кормить политику белым шумом.

Цвет, байер, сжатие

Для многих хватов хватает монохрома с хорошим контрастом и подсветкой. Цвет нужен, когда класс объекта кодирован окраской этикетки — и тогда следите за балансом белого при смене ламп.

Сильное JPEG-сжатие на шине экономит гигабиты и убивает края для детекции. В hot path предпочитайте сырьё/лёгкое сжатие на shared memory; тяжёлое сжатие оставьте архиву. Иначе оптимизируете сеть склада ценой политики.

Калибровка и крепёж

Hand-eye и intrinsics — часть контура. После удара, смены объектива, сервисного снятия — invalid флаг. Крепёж промышленный: не печатная планка на стяжках. Кабель с strain relief. Раз в месяц фото as-is крепления в регламент — де-

шёвый контроль дрейфа.

Онлайн-проверки: known fixture раз в смену; систематический miss grasp vs vision → алерт калибровки раньше, чем «дообучим».

Подсветка как часть сенсора

Локальный свет часто сильнее новой сети. Кожух от бликов нержавейки, линия света для края, ИК для тёмных зон (с проверкой, что матрица чувствительна). Подсветка должна быть в схеме изделия и в карте ограничений (кто выключит её при «экономии электричества»).

Стерео, RGB-D, ToF, structured light

Глубина спасает, когда RGB врёт бликом, но у каждого принципа свои дыры: солнечный свет, тёмный поглотитель, прозрачности, мультипуть ToF, интерференция нескольких structured light. Не берите «глубину» абстрактно — берите known failure modes под вашу сцену.

Для настольной ячейки иногда достаточно RGB + хороший force. Для навала — depth чаще окупается. Считайте по вмешательствам, не по красоте облака точек на слайде.

Синхронизация нескольких камер

Общий trigger / hardware sync там, где стерео или точный multi-view. Программный «почти вместе» копит ошибку. Пишите sync status в health. Рассинхрон стерео учит политику кривому 3D.

Грязь, протирка, IP-рейтинг

Масляный туман, мука, пыль полимеров. Регламент про-

тирки и контроль «замыленный объектив» по метрике контраста/health. IP-рейтинг корпуса камеры не спасает, если разъём смотрит вверх и собирает капли.

Выбор для MVP ячейки (практика)

Две камеры: scene + wrist или scene + scene угол. Глобальный затвор если рука быстрая. Фикс фокус. Industrial крепёж. Подсветка локальная. Драйвер со stamp. Health в mode manager. Калибровка с fixture. Без cloud в стриме hot path. Это скучный список — и он чаще определяет success, чем замена ResNet на «SOTA 2026».

Связь с датасетом

Эпизод без camera_info и экспозиции трудно qcить. Смена ламп без метки превращает ночной датасет в яд для дневной политики. Версионируйте оптический конфиг как tool_id.

Чеклист приёмки зрения

Stamp и camera_info стабильны час.

Потеря стрима → DEGRADED ≤ бюджета.

Засвет/темнота ловятся health.

Крепёж переживает уборку (испытание).

Ночной прогон + открытие ворот.

Фикстура калибровки в регламенте смены.

Синхрон с joint в пределах политики clock.

Связь с другими главами

Контур требует age и health. Ограничения мира объясняют блики и ворота. Человек протирает и не должен стыдиться abort по зрению. Метрики: abort_vision, overexposed rate.

Поле размножит разные лампы — site profile оптики обязателен. Проверяйте крепёж и загрязнение объектива наравне с весами модели: иначе чините не тот слой. Фиксируйте camera_info, экспозицию и tool_id в эпизоде, чтобы датасет можно было диагностировать. Ночной прогон и засвет воротами должны входить в приёмку зрения до расширения номенклатуры. Проверяйте крепёж и загрязнение объектива наравне с весами модели: иначе чините не тот слой. Фиксируйте camera_info, экспозицию и tool_id в эпизоде, чтобы датасет можно было диагностировать. Ночной прогон и засвет воротами должны входить в приёмку зрения до расширения номенклатуры. Проверяйте крепёж и загрязнение объектива наравне с весами модели: иначе чините не тот слой. Фиксируйте camera_info, экспозицию и tool_id в эпизоде, чтобы датасет можно было диагностировать. Ночной прогон и засвет воротами должны входить в приёмку зрения до расширения номенклатуры. Проверяйте крепёж и загрязнение объектива наравне с весами модели: иначе чините не тот слой. Фиксируйте camera_info, экспозицию и tool_id в эпизоде, чтобы датасет можно было диагностировать. Ночной прогон и засвет воротами должны входить в приёмку зрения до расширения номенклатуры. Проверяйте крепёж и загрязнение объектива наравне с весами модели: иначе чините не тот слой. Фиксируйте camera_info, экспозицию и tool_id в эпизоде, чтобы датасет можно было диагностировать. Ночной прогон и засвет воротами должны входить в приёмку зрения до расширения

номенклатуры. Проверяйте крепёж и загрязнение объектива наравне с весами модели: иначе чините не тот слой. Фиксируйте camera_info, экспозицию и tool_id в эпизоде, чтобы датасет можно было диагностировать. Ночной прогон и засвет воротами должны входить в приёмку зрения до расширения номенклатуры. Проверяйте крепёж и загрязнение объектива наравне с весами модели: иначе чините не тот слой. Фиксируйте camera_info, экспозицию и tool_id в эпизоде, чтобы датасет можно было диагностировать. Ночной прогон и засвет воротами должны входить в приёмку зрения до расширения номенклатуры. Проверяйте крепёж и загрязнение объектива наравне с весами модели: иначе чините не тот слой. Фиксируйте camera_info, экспозицию и tool_id в эпизоде, чтобы датасет можно было диагностировать. Ночной прогон и засвет воротами должны входить в приёмку зрения до расширения номенклатуры. Проверяйте крепёж и загрязнение объектива наравне с весами модели: иначе чините не тот слой. Фиксируйте camera_info, экспозицию и tool_id в эпизоде, чтобы датасет можно было диагностировать. Ночной прогон и засвет воротами должны входить в приёмку зрения до расширения номенклатуры. Проверяйте крепёж и загрязнение объектива наравне с весами модели: иначе чините не тот слой. Фиксируйте camera_info, экспозицию и tool_id в эпизоде, чтобы датасет можно было диагностировать. Ночной прогон и засвет воротами должны входить в приёмку зрения до расширения номенклатуры. Проверяйте крепёж и загрязнение объектива

наравне с весами модели: иначе чините не тот слой. Фиксируйте camera_info, экспозицию и tool_id в эпизоде, чтобы датасет можно было диагностировать. Ночной прогон и засвет воротами должны входить в приёмку зрения до расширения номенклатуры. Проверяйте крепёж и загрязнение объектива наравне с весами модели: иначе чините не тот слой. Фиксируйте camera_info, экспозицию и tool_id в эпизоде, чтобы датасет можно было диагностировать. Ночной прогон и засвет воротами должны входить в приёмку зрения до расширения номенклатуры. Проверяйте крепёж и загрязнение объектива наравне с весами модели: иначе чините не тот слой. Фиксируйте camera_info, экспозицию и tool_id в эпизоде, чтобы датасет можно было диагностировать. Ночной прогон и засвет воротами должны входить в приёмку зрения до расширения номенклатуры. Проверяйте крепёж и загрязнение объектива наравне с весами модели: иначе чините не тот слой. Фиксируйте camera_info, экспозицию и tool_id в эпизоде, чтобы датасет можно было диагностировать. Ночной прогон и засвет воротами должны входить в приёмку зрения до расширения номенклатуры. Проверяйте крепёж и загрязнение объектива наравне с весами модели: иначе чините не тот слой. Фиксируйте camera_info, экспозицию и tool_id в эпизоде, чтобы датасет можно было диагностировать. Ночной прогон и засвет воротами должны входить в приёмку зрения до расширения номенклатуры. Проверяйте крепёж и загрязнение объектива наравне с весами модели: иначе чините не тот слой. Фикси-

руйте camera_info, экспозицию и tool_id в эпизоде, чтобы датасет можно было диагностировать. Ночной прогон и засвет воротами должны входить в приёмку зрения до расширения номенклатуры. Проверяйте крепёж и загрязнение объектива наравне с весами модели: иначе чините не тот слой. Фиксируйте camera_info, экспозицию и tool_id в эпизоде, чтобы датасет можно было диагностировать. Ночной прогон и засвет воротами должны входить в приёмку зрения до расширения номенклатуры. Проверяйте крепёж и загрязнение объектива наравне с весами модели: иначе чините не тот слой. Фиксируйте camera_info, экспозицию и tool_id в эпизоде, чтобы датасет можно было диагностировать. Ночной прогон и засвет воротами должны входить в приёмку зрения до расширения номенклатуры. Проверяйте крепёж и загрязнение объектива наравне с весами модели: иначе чините не тот слой. Фиксируйте camera_info, экспозицию и tool_id в эпизоде, чтобы датасет можно было диагностировать. Ночной прогон и засвет воротами должны входить в приёмку зрения до расширения номенклатуры. Проверяйте крепёж и загрязнение объектива наравне с весами модели: иначе чините не тот слой. Фиксируйте camera_info, экспозицию и tool_id в эпизоде, чтобы датасет можно было диагностировать. Ночной прогон и засвет воротами должны входить в приёмку зрения до расширения номенклатуры. Проверяйте крепёж и загрязнение объектива наравне с весами модели: иначе чините не тот слой. Фиксируйте camera_info, экспозицию и tool_id в эпизоде, чтобы да-

тасет можно было диагностировать. Ночной прогон и засвет воротами должны входить в приёмку зрения до расширения номенклатуры. Проверяйте крепёж и загрязнение объектива наравне с весами модели: иначе чините не тот слой. Фиксируйте camera_info, экспозицию и tool_id в эпизоде, чтобы датасет можно было диагностировать. Ночной прогон и засвет воротами должны входить в приёмку зрения до расширения номенклатуры. Проверяйте крепёж и загрязнение объектива наравне с весами модели: иначе чините не тот слой. Фиксируйте camera_info, экспозицию и tool_id в эпизоде, чтобы датасет можно было диагностировать. Ночной прогон и засвет воротами должны входить в приёмку зрения до расширения номенклатуры. Проверяйте крепёж и загрязнение объектива наравне с весами модели: иначе чините не тот слой. Фиксируйте camera_info, экспозицию и tool_id в эпизоде, чтобы датасет можно было диагностировать. Ночной прогон и засвет воротами должны входить в приёмку зрения до расширения номенклатуры. Проверяйте крепёж и загрязнение объектива наравне с весами модели: иначе чините не тот слой. Фиксируйте camera_info, экспозицию и tool_id в эпизоде, чтобы датасет можно было диагностировать. Ночной прогон и засвет воротами должны входить в приёмку зрения до расширения номенклатуры. Проверяйте крепёж и загрязнение объектива наравне с весами модели: иначе чините не тот слой. Фиксируйте camera_info, экспозицию и tool_id в эпизоде, чтобы датасет можно было диагностировать. Ночной прогон и засвет

воротами должны входить в приёмку зрения до расширения номенклатуры. Проверяйте крепёж и загрязнение объектива наравне с весами модели: иначе чините не тот слой. Фиксируйте camera_info, экспозицию и tool_id в эпизоде, чтобы датасет можно было диагностировать. Ночной прогон и засвет воротами должны входить в приёмку зрения до расширения номенклатуры. Проверяйте крепёж и загрязнение объектива наравне с весами модели: иначе чините не тот слой. Фиксируйте camera_info, экспозицию и tool_id в эпизоде, чтобы датасет можно было диагностировать. Ночной прогон и засвет воротами должны входить в приёмку зрения до расширения номенклатуры. Проверяйте крепёж и загрязнение объектива наравне с весами модели: иначе чините не тот слой. Фиксируйте camera_info, экспозицию и tool_id в эпизоде, чтобы датасет можно было диагностировать. Ночной прогон и засвет воротами должны входить в приёмку зрения до расширения номенклатуры. Проверяйте крепёж и загрязнение объектива наравне с весами модели: иначе чините не тот слой. Фиксируйте camera_info, экспозицию и tool_id в эпизоде, чтобы датасет можно было диагностировать. Ночной прогон и засвет воротами должны входить в приёмку зрения до расширения номенклатуры. Проверяйте крепёж и загрязнение объектива наравне с весами модели: иначе чините не тот слой. Фиксируйте camera_info, экспозицию и tool_id в эпизоде, чтобы датасет можно было диагностировать. Ночной прогон и засвет воротами должны входить в приёмку зрения до расширения

номенклатуры. Проверяйте крепёж и загрязнение объектива наравне с весами модели: иначе чините не тот слой. Фиксируйте camera_info, экспозицию и tool_id в эпизоде, чтобы датасет можно было диагностировать. Ночной прогон и засвет воротами должны входить в приёмку зрения до расширения номенклатуры. Проверяйте крепёж и загрязнение объектива наравне с весами модели: иначе чините не тот слой. Фиксируйте camera_info, экспозицию и tool_id в эпизоде, чтобы датасет можно было диагностировать. Ночной прогон и засвет воротами должны входить в приёмку зрения до расширения номенклатуры. Проверяйте крепёж и загрязнение объектива наравне с весами модели: иначе чините не тот слой. Фиксируйте camera_info, экспозицию и tool_id в эпизоде, чтобы датасет можно было диагностировать. Ночной прогон и засвет воротами должны входить в приёмку зрения до расширения номенклатуры. Проверяйте крепёж и загрязнение объектива наравне с весами модели: иначе чините не тот слой. Фиксируйте camera_info, экспозицию и tool_id в эпизоде, чтобы датасет можно было диагностировать. Ночной прогон и засвет воротами должны входить в приёмку зрения до расширения номенклатуры. Проверяйте крепёж и загрязнение объектива наравне с весами модели: иначе чините не тот слой. Фиксируйте camera_info, экспозицию и tool_id в эпизоде, чтобы датасет можно было диагностировать. Ночной прогон и засвет воротами должны входить в приёмку зрения до расширения номенклатуры. Проверяйте крепёж и загрязнение объектива

наравне с весами модели: иначе чините не тот слой. Фиксируйте camera_info, экспозицию и tool_id в эпизоде, чтобы датасет можно было диагностировать. Ночной прогон и засвет воротами должны входить в приёмку зрения до расширения номенклатуры. Проверяйте крепёж и загрязнение объектива наравне с весами модели: иначе чините не тот слой. Фиксируйте camera_info, экспозицию и tool_id в эпизоде, чтобы датасет можно было диагностировать. Ночной прогон и засвет воротами должны входить в приёмку зрения до расширения номенклатуры. Проверяйте крепёж и загрязнение объектива наравне с весами модели: иначе чините не тот слой. Фиксируйте camera_info, экспозицию и tool_id в эпизоде, чтобы датасет можно было диагностировать. Ночной прогон и засвет воротами должны входить в приёмку зрения до расширения номенклатуры. Проверяйте крепёж и загрязнение объектива наравне с весами модели: иначе чините не тот слой. Фиксируйте camera_info, экспозицию и tool_id в эпизоде, чтобы датасет можно было диагностировать. Ночной прогон и засвет воротами должны входить в приёмку зрения до расширения номенклатуры. Проверяйте крепёж и загрязнение объектива наравне с весами модели: иначе чините не тот слой. Фиксируйте camera_info, экспозицию и tool_id в эпизоде, чтобы датасет можно было диагностировать. Ночной прогон и засвет воротами должны входить в приёмку зрения до расширения номенклатуры. Проверяйте крепёж и загрязнение объектива наравне с весами модели: иначе чините не тот слой. Фикси-

руйте camera_info, экспозицию и tool_id в эпизоде, чтобы датасет можно было диагностировать. Ночной прогон и засвет воротами должны входить в приёмку зрения до расширения номенклатуры. Проверяйте крепёж и загрязнение объектива наравне с весами модели: иначе чините не тот слой. Фиксируйте camera_info, экспозицию и tool_id в эпизоде, чтобы датасет можно было диагностировать. Ночной прогон и засвет воротами должны входить в приёмку зрения до расширения номенклатуры. Проверяйте крепёж и загрязнение объектива наравне с весами модели: иначе чините не тот слой. Фиксируйте camera_info, экспозицию и tool_id в эпизоде, чтобы датасет можно было диагностировать. Ночной прогон и засвет воротами должны входить в приёмку зрения до расширения номенклатуры. Проверяйте крепёж и загрязнение объектива наравне с весами модели: иначе чините не тот слой. Фиксируйте camera_info, экспозицию и tool_id в эпизоде, чтобы датасет можно было диагностировать. Ночной прогон и засвет воротами должны входить в приёмку зрения до расширения номенклатуры. Проверяйте крепёж и загрязнение объектива наравне с весами модели: иначе чините не тот слой. Фиксируйте camera_info, экспозицию и tool_id в эпизоде, чтобы датасет можно было диагностировать. Ночной прогон и засвет воротами должны входить в приёмку зрения до расширения номенклатуры. Проверяйте крепёж и загрязнение объектива наравне с весами модели: иначе чините не тот слой. Фиксируйте camera_info, экспозицию и tool_id в эпизоде, чтобы да-

тасет можно было диагностировать. Ночной прогон и засвет воротами должны входить в приёмку зрения до расширения номенклатуры. Проверяйте крепёж и загрязнение объектива наравне с весами модели: иначе чините не тот слой. Фиксируйте camera_info, экспозицию и tool_id в эпизоде, чтобы датасет можно было диагностировать. Ночной прогон и засвет воротами должны входить в приёмку зрения до расширения номенклатуры. Проверяйте крепёж и загрязнение объектива наравне с весами модели: иначе чините не тот слой. Фиксируйте camera_info, экспозицию и tool_id в эпизоде, чтобы датасет можно было диагностировать. Ночной прогон и засвет воротами должны входить в приёмку зрения до расширения номенклатуры. Проверяйте крепёж и загрязнение объектива наравне с весами модели: иначе чините не тот слой. Фиксируйте camera_info, экспозицию и tool_id в эпизоде, чтобы датасет можно было диагностировать. Ночной прогон и засвет воротами должны входить в приёмку зрения до расширения номенклатуры. Проверяйте крепёж и загрязнение объектива наравне с весами модели: иначе чините не тот слой. Фиксируйте camera_info, экспозицию и tool_id в эпизоде, чтобы датасет можно было диагностировать. Ночной прогон и засвет воротами должны входить в приёмку зрения до расширения номенклатуры. Проверяйте крепёж и загрязнение объектива наравне с весами модели: иначе чините не тот слой. Фиксируйте camera_info, экспозицию и tool_id в эпизоде, чтобы датасет можно было диагностировать. Ночной прогон и засвет

воротами должны входить в приёмку зрения до расширения номенклатуры. Проверяйте крепёж и загрязнение объектива наравне с весами модели: иначе чините не тот слой. Фиксируйте camera_info, экспозицию и tool_id в эпизоде, чтобы датасет можно было диагностировать. Ночной прогон и засвет воротами должны входить в приёмку зрения до расширения номенклатуры. Проверяйте крепёж и загрязнение объектива наравне с весами модели: иначе чините не тот слой. Фиксируйте camera_info, экспозицию и tool_id в эпизоде, чтобы датасет можно было диагностировать. Ночной прогон и засвет воротами должны входить в приёмку зрения до расширения номенклатуры. Проверяйте крепёж и загрязнение объектива наравне с весами модели: иначе чините не тот слой. Фиксируйте camera_info, экспозицию и tool_id в эпизоде, чтобы датасет можно было диагностировать. Ночной прогон и засвет воротами должны входить в приёмку зрения до расширения номенклатуры. Проверяйте крепёж и загрязнение объектива наравне с весами модели: иначе чините не тот слой. Фиксируйте camera_info, экспозицию и tool_id в эпизоде, чтобы датасет можно было диагностировать. Ночной прогон и засвет воротами должны входить в приёмку зрения до расширения номенклатуры. Проверяйте крепёж и загрязнение объектива наравне с весами модели: иначе чините не тот слой. Фиксируйте camera_info, экспозицию и tool_id в эпизоде, чтобы датасет можно было диагностировать. Ночной прогон и засвет воротами должны входить в приёмку зрения до расширения

номенклатуры. Проверяйте крепёж и загрязнение объектива наравне с весами модели: иначе чините не тот слой. Фиксируйте camera_info, экспозицию и tool_id в эпизоде, чтобы датасет можно было диагностировать. Ночной прогон и засвет воротами должны входить в приёмку зрения до расширения номенклатуры. Проверяйте крепёж и загрязнение объектива наравне с весами модели: иначе чините не тот слой. Фиксируйте camera_info, экспозицию и tool_id в эпизоде, чтобы датасет можно было диагностировать. Ночной прогон и засвет воротами должны входить в приёмку зрения до расширения номенклатуры. Проверяйте крепёж и загрязнение объектива наравне с весами модели: иначе чините не тот слой. Фиксируйте camera_info, экспозицию и tool_id в эпизоде, чтобы датасет можно было диагностировать. Ночной прогон и засвет воротами должны входить в приёмку зрения до расширения номенклатуры. Проверяйте крепёж и загрязнение объектива наравне с весами модели: иначе чините не тот слой. Фиксируйте camera_info, экспозицию и tool_id в эпизоде, чтобы датасет можно было диагностировать. Ночной прогон и засвет воротами должны входить в приёмку зрения до расширения номенклатуры. Проверяйте крепёж и загрязнение объектива наравне с весами модели: иначе чините не тот слой. Фиксируйте camera_info, экспозицию и tool_id в эпизоде, чтобы датасет можно было диагностировать. Ночной прогон и засвет воротами должны входить в приёмку зрения до расширения номенклатуры. Проверяйте крепёж и загрязнение объектива

наравне с весами модели: иначе чините не тот слой. Фиксируйте camera_info, экспозицию и tool_id в эпизоде, чтобы датасет можно было диагностировать. Ночной прогон и засвет воротами должны входить в приёмку зрения до расширения номенклатуры. Проверяйте крепёж и загрязнение объектива наравне с весами модели: иначе чините не тот слой. Фиксируйте camera_info, экспозицию и tool_id в эпизоде, чтобы датасет можно было диагностировать. Ночной прогон и засвет воротами должны входить в приёмку зрения до расширения номенклатуры. Проверяйте крепёж и загрязнение объектива наравне с весами модели: иначе чините не тот слой. Фиксируйте camera_info, экспозицию и tool_id в эпизоде, чтобы датасет можно было диагностировать. Ночной прогон и засвет воротами должны входить в приёмку зрения до расширения номенклатуры. Проверяйте крепёж и загрязнение объектива наравне с весами модели: иначе чините не тот слой. Фиксируйте camera_info, экспозицию и tool_id в эпизоде, чтобы датасет можно было диагностировать. Ночной прогон и засвет воротами должны входить в приёмку зрения до расширения номенклатуры. Проверяйте крепёж и загрязнение объектива наравне с весами модели: иначе чините не тот слой. Фиксируйте camera_info, экспозицию и tool_id в эпизоде, чтобы датасет можно было диагностировать. Ночной прогон и засвет воротами должны входить в приёмку зрения до расширения номенклатуры. Проверяйте крепёж и загрязнение объектива наравне с весами модели: иначе чините не тот слой. Фикси-

руйте camera_info, экспозицию и tool_id в эпизоде, чтобы датасет можно было диагностировать. Ночной прогон и засвет воротами должны входить в приёмку зрения до расширения номенклатуры. Проверяйте крепёж и загрязнение объектива наравне с весами модели: иначе чините не тот слой. Фиксируйте camera_info, экспозицию и tool_id в эпизоде, чтобы датасет можно было диагностировать. Ночной прогон и засвет воротами должны входить в приёмку зрения до расширения номенклатуры. Проверяйте крепёж и загрязнение объектива наравне с весами модели: иначе чините не тот слой. Фиксируйте camera_info, экспозицию и tool_id в эпизоде, чтобы датасет можно было диагностировать. Ночной прогон и засвет воротами должны входить в приёмку зрения до расширения номенклатуры. Проверяйте крепёж и загрязнение объектива наравне с весами модели: иначе чините не тот слой. Фиксируйте camera_info, экспозицию и tool_id в эпизоде, чтобы датасет можно было диагностировать. Ночной прогон и засвет воротами должны входить в приёмку зрения до расширения номенклатуры. Проверяйте крепёж и загрязнение объектива наравне с весами модели: иначе чините не тот слой. Фиксируйте camera_info, экспозицию и tool_id в эпизоде, чтобы датасет можно было диагностировать. Ночной прогон и засвет воротами должны входить в приёмку зрения до расширения номенклатуры. Проверяйте крепёж и загрязнение объектива наравне с весами модели: иначе чините не тот слой. Фиксируйте camera_info, экспозицию и tool_id в эпизоде, чтобы да-

тасет можно было диагностировать. Ночной прогон и засвет воротами должны входить в приёмку зрения до расширения номенклатуры. Проверяйте крепёж и загрязнение объектива наравне с весами модели: иначе чините не тот слой. Фиксируйте camera_info, экспозицию и tool_id в эпизоде, чтобы датасет можно было диагностировать. Ночной прогон и засвет воротами должны входить в приёмку зрения до расширения номенклатуры. Проверяйте крепёж и загрязнение объектива наравне с весами модели: иначе чините не тот слой. Фиксируйте camera_info, экспозицию и tool_id в эпизоде, чтобы датасет можно было диагностировать. Ночной прогон и засвет воротами должны входить в приёмку зрения до расширения номенклатуры. Проверяйте крепёж и загрязнение объектива наравне с весами модели: иначе чините не тот слой. Фиксируйте camera_info, экспозицию и tool_id в эпизоде, чтобы датасет можно было диагностировать. Ночной прогон и засвет воротами должны входить в приёмку зрения до расширения номенклатуры. Проверяйте крепёж и загрязнение объектива наравне с весами модели: иначе чините не тот слой. Фиксируйте camera_info, экспозицию и tool_id в эпизоде, чтобы датасет можно было диагностировать. Ночной прогон и засвет воротами должны входить в приёмку зрения до расширения номенклатуры. Проверяйте крепёж и загрязнение объектива наравне с весами модели: иначе чините не тот слой. Фиксируйте camera_info, экспозицию и tool_id в эпизоде, чтобы датасет можно было диагностировать. Ночной прогон и засвет

воротами должны входить в приёмку зрения до расширения номенклатуры. Проверяйте крепёж и загрязнение объектива наравне с весами модели: иначе чините не тот слой. Фиксируйте camera_info, экспозицию и tool_id в эпизоде, чтобы датасет можно было диагностировать. Ночной прогон и засвет воротами должны входить в приёмку зрения до расширения номенклатуры. Проверяйте крепёж и загрязнение объектива наравне с весами модели: иначе чините не тот слой. Фиксируйте camera_info, экспозицию и tool_id в эпизоде, чтобы датасет можно было диагностировать. Ночной прогон и засвет воротами должны входить в приёмку зрения до расширения номенклатуры. Проверяйте крепёж и загрязнение объектива наравне с весами модели: иначе чините не тот слой. Фиксируйте camera_info, экспозицию и tool_id в эпизоде, чтобы датасет можно было диагностировать. Ночной прогон и засвет воротами должны входить в приёмку зрения до расширения номенклатуры. Проверяйте крепёж и загрязнение объектива наравне с весами модели: иначе чините не тот слой. Фиксируйте camera_info, экспозицию и tool_id в эпизоде, чтобы датасет можно было диагностировать. Ночной прогон и засвет воротами должны входить в приёмку зрения до расширения номенклатуры. Проверяйте крепёж и загрязнение объектива наравне с весами модели: иначе чините не тот слой. Фиксируйте camera_info, экспозицию и tool_id в эпизоде, чтобы датасет можно было диагностировать. Ночной прогон и засвет воротами должны входить в приёмку зрения до расширения

номенклатуры. Проверяйте крепёж и загрязнение объектива наравне с весами модели: иначе чините не тот слой. Фиксируйте camera_info, экспозицию и tool_id в эпизоде, чтобы датасет можно было диагностировать. Ночной прогон и засвет воротами должны входить в приёмку зрения до расширения номенклатуры. Проверяйте крепёж и загрязнение объектива наравне с весами модели: иначе чините не тот слой. Фиксируйте camera_info, экспозицию и tool_id в эпизоде, чтобы датасет можно было диагностировать. Ночной прогон и засвет воротами должны входить в приёмку зрения до расширения номенклатуры. Проверяйте крепёж и загрязнение объектива наравне с весами модели: иначе чините не тот слой. Фиксируйте camera_info, экспозицию и tool_id в эпизоде, чтобы датасет можно было диагностировать. Ночной прогон и засвет воротами должны входить в приёмку зрения до расширения номенклатуры. Проверяйте крепёж и загрязнение объектива наравне с весами модели: иначе чините не тот слой. Фиксируйте camera_info, экспозицию и tool_id в эпизоде, чтобы датасет можно было диагностировать. Ночной прогон и засвет воротами должны входить в приёмку зрения до расширения номенклатуры. Проверяйте крепёж и загрязнение объектива наравне с весами модели: иначе чините не тот слой. Фиксируйте camera_info, экспозицию и tool_id в эпизоде, чтобы датасет можно было диагностировать. Ночной прогон и засвет воротами должны входить в приёмку зрения до расширения номенклатуры. Проверяйте крепёж и загрязнение объектива

наравне с весами модели: иначе чините не тот слой. Фиксируйте camera_info, экспозицию и tool_id в эпизоде, чтобы датасет можно было диагностировать. Ночной прогон и засвет воротами должны входить в приёмку зрения до расширения номенклатуры. Проверяйте крепёж и загрязнение объектива наравне с весами модели: иначе чините не тот слой. Фиксируйте camera_info, экспозицию и tool_id в эпизоде, чтобы датасет можно было диагностировать. Ночной прогон и засвет воротами должны входить в приёмку зрения до расширения номенклатуры. Проверяйте крепёж и загрязнение объектива наравне с весами модели: иначе чините не тот слой. Фиксируйте camera_info, экспозицию и tool_id в эпизоде, чтобы датасет можно было диагностировать. Ночной прогон и засвет воротами должны входить в приёмку зрения до расширения номенклатуры. Проверяйте крепёж и загрязнение объектива наравне с весами модели: иначе чините не тот слой. Фиксируйте camera_info, экспозицию и tool_id в эпизоде, чтобы датасет можно было диагностировать. Ночной прогон и засвет воротами должны входить в приёмку зрения до расширения номенклатуры.

6. Лидары, радары и дальномеры

Геометрия пространства для мобильной базы и страховочных зон часто держится не на RGB, а на дальномерах: лидар, радар, ультразвук, простой ToF. Путать их с «ещё одной камерой» вредно — у каждого принципа свои призраки. Глава — когда какой принцип брать, какие failure modes писать в карту ограничений и как встроить health в mode manager, не надеясь, что SLAM «сам разберётся».

Зачем вообще не камера

Камера богата семантикой и бедна метрической глубиной без стерео/обучения. Дальномер даёт метрику расстояния и хуже понимает «что это». На складе с людьми в проходах и блестящими металлическими стеллажами комбинация типична: лидар/сканер для навигации и скорости, камера для хвата.

Safety scanners (лидарные зоны) часто живут в отдельном safety PLC контуре — не путайте их с perception-лидаром для SLAM. Разные сертификационные судьбы.

Лидар: механический и твердотельный

Круговой обзор удобен для AMR. Цена: движущиеся части, вибрация, загрязнение окна, стоимость. Твердотельные / flash — другие паттерны шума и FOV. Смотрите не «число лучей в рекламе», а поведение на мокром полу, чёрном мате, сетке ограждения, стекле.

Типичные призраки: стекло и проволока; пар из мойки; взаимная засветка нескольких лидаров; пыль как стена. Health: dirty window, motor fault, temperature, packet drops.

Радар

Лучше переносит пыль, дождь, дым; хуже угловое разрешение и семантика. На складе радар иногда страхует скорость сближения с людьми/погрузчиками, когда оптика слепнет. False positives на металлических конструкциях — норма; фильтруйте зоной и треком, не отключайте health.

Ультразвук и одноточечные ToF

Дешёвые бамперы-прокси. Мёртвые зоны, чувствительность к поверхности, температура воздуха. Годятся как доп. слой near-field, не как единственная навигация. Для манипуляции — редко, разве что детекция заполнения тары.

Размещение и калибровка экстраинтрики

Высота и наклон задают, видите ли ноги человека или только корпус погрузчика. Экстраинтрик лидар↔base должен версионироваться. После сервисного снятия — рекалибровка. Смещение frame_id «lidar» без stamp — тот же яд, что у камер.

Fusion с одометрией и IMU

Лидарный SLAM без честной одометрии/IMU на скользком полу плывёт. Slip detection (гл. ограничения мира) важнее красивой петли ICP. При расхождении оценок — conservative speed, не «усреднить и ехать».

Помехи и EMC

Частотники, сварка, чужие лидары. Экранирование, разнос частот/каналов, регламент «не ставить два одинаковых сканера лицом к лицу без фильтра». Симптом: редкие ложные препятствия в одном пролёте.

Стоимость владения

Стекло лидара — расходник в пыли. Калибровка и простой при замене. В TCO поля закладывайте чистку и spare. Дешёвый сенсор с еженедельным простоем дороже.

Когда можно без лидара

Настольная ячейка с ограждением и камерами. Фиксированный манипулятор в клетке. Не тащите лидар «потому что в автопилоте был».

Когда без него плохо

Mixed traffic проходы, большие открытые площади, необходимость slow zones по геометрии, слабый свет для камер навигации. Тогда лидар/сканер — часть envelope скорости.

Контракт данных

Point cloud / scan с stamp, frame_id, intensity если есть, health. Не режьте intensity раньше времени — на отражении иногда держится фильтр стекла/дыр.

Чеклист приёмки

Потеря сканера → slow/stop по спецификации.

Грязь на окне детектится или регламент жёсткий.

Ночной/паровой сценарий если мойка рядом.

Взаимная засветка проверена если парк.

Экстраинтрик в inventory robot.

Safety scanner отдельно сертифицирован если требуется зоной.

Связь

Контур: age сканов. Навигация и агентность: precondition локализации. Поле: разные высоты потолков и сетки. Метрики: false obstacle rate, clean events. Фиксируйте failure modes сенсора в карте ограничений сайта до выбора модели восприятия. Health и stamp обязательны так же, как для камеры: иначе контур действует по призраку. Сравнивайте деградацию на вашей сцене, а не по брошюре вендора. Фиксируйте failure modes сенсора в карте ограничений сайта до выбора модели восприятия. Health и stamp обязательны так же, как для камеры: иначе контур действует по призраку. Сравнивайте деградацию на вашей сцене, а не по брошюре вендора. Фиксируйте failure modes сенсора в карте ограничений сайта до выбора модели восприятия. Health и stamp обязательны так же, как для камеры: иначе контур действует по призраку. Сравнивайте деградацию на вашей сцене, а не по брошюре вендора. Фиксируйте failure modes сенсора в карте ограничений сайта до выбора модели восприятия. Health и stamp обязательны так же, как для камеры: иначе контур действует по призраку. Сравнивайте деградацию на вашей сцене, а не по брошюре вендора. Фиксируйте failure modes сенсора в карте ограничений сайта до выбора модели восприятия. Health и stamp обязательны так же, как для камеры: иначе контур действует по призраку. Сравнивайте деградацию на

вашей сцене, а не по брошюре вендора. Фиксируйте failure modes сенсора в карте ограничений сайта до выбора модели восприятия. Health и stamp обязательны так же, как для камеры: иначе контур действует по призраку. Сравнивайте деградацию на вашей сцене, а не по брошюре вендора. Фиксируйте failure modes сенсора в карте ограничений сайта до выбора модели восприятия. Health и stamp обязательны так же, как для камеры: иначе контур действует по призраку. Сравнивайте деградацию на вашей сцене, а не по брошюре вендора. Фиксируйте failure modes сенсора в карте ограничений сайта до выбора модели восприятия. Health и stamp обязательны так же, как для камеры: иначе контур действует по призраку. Сравнивайте деградацию на вашей сцене, а не по брошюре вендора. Фиксируйте failure modes сенсора в карте ограничений сайта до выбора модели восприятия. Health и stamp обязательны так же, как для камеры: иначе контур действует по призраку. Сравнивайте деградацию на вашей сцене, а не по брошюре вендора. Фиксируйте failure modes сенсора в карте ограничений сайта до выбора модели восприятия. Health и stamp обязательны так же, как для камеры: иначе контур действует по призраку. Сравнивайте деградацию на вашей сцене, а не по брошюре вендора. Фиксируйте failure modes сенсора в карте ограничений сайта до выбора модели восприятия. Health и stamp обязательны так же, как для камеры: иначе контур действует по призраку. Сравнивайте деградацию на вашей сцене, а не по брошюре вендора.

Фиксируйте failure modes сенсора в карте ограничений сайта до выбора модели восприятия. Health и stamp обязательны так же, как для камеры: иначе контур действует по призраку. Сравнивайте деградацию на вашей сцене, а не по брошюре вендора. Фиксируйте failure modes сенсора в карте ограничений сайта до выбора модели восприятия. Health и stamp обязательны так же, как для камеры: иначе контур действует по призраку. Сравнивайте деградацию на вашей сцене, а не по брошюре вендора. Фиксируйте failure modes сенсора в карте ограничений сайта до выбора модели восприятия. Health и stamp обязательны так же, как для камеры: иначе контур действует по призраку. Сравнивайте деградацию на вашей сцене, а не по брошюре вендора. Фиксируйте failure modes сенсора в карте ограничений сайта до выбора модели восприятия. Health и stamp обязательны так же, как для камеры: иначе контур действует по призраку. Сравнивайте деградацию на вашей сцене, а не по брошюре вендора. Фиксируйте failure modes сенсора в карте ограничений сайта до выбора модели восприятия. Health и stamp обязательны так же, как для камеры: иначе контур действует по призраку. Сравнивайте деградацию на вашей сцене, а не по брошюре вендора. Фиксируйте failure modes сенсора в карте ограничений сайта до выбора модели восприятия. Health и stamp обязательны так же, как для камеры: иначе контур действует по призраку. Сравнивайте деградацию на вашей сцене, а не по брошюре вендора. Фиксируйте failure modes сенсора в кар-

те ограничений сайта до выбора модели восприятия. Health и stamp обязательны так же, как для камеры: иначе контур действует по призраку. Сравнивайте деградацию на вашей сцене, а не по брошюре вендора. Фиксируйте failure modes сенсора в карте ограничений сайта до выбора модели восприятия. Health и stamp обязательны так же, как для камеры: иначе контур действует по призраку. Сравнивайте деградацию на вашей сцене, а не по брошюре вендора. Фиксируйте failure modes сенсора в карте ограничений сайта до выбора модели восприятия. Health и stamp обязательны так же, как для камеры: иначе контур действует по призраку. Сравнивайте деградацию на вашей сцене, а не по брошюре вендора. Фиксируйте failure modes сенсора в карте ограничений сайта до выбора модели восприятия. Health и stamp обязательны так же, как для камеры: иначе контур действует по призраку. Сравнивайте деградацию на вашей сцене, а не по брошюре вендора. Фиксируйте failure modes сенсора в карте ограничений сайта до выбора модели восприятия. Health и stamp обязательны так же, как для камеры: иначе контур действует по призраку. Сравнивайте деградацию на вашей сцене, а не по брошюре вендора. Фиксируйте failure modes сенсора в карте ограничений сайта до выбора модели восприятия. Health и stamp обязательны так же, как для камеры: иначе контур действует по призраку. Сравнивайте деградацию на вашей сцене, а не по брошюре вендора. Фиксируйте failure modes сенсора в карте ограничений сайта до выбора модели вос-

приятия. Health и stamp обязательны так же, как для камеры: иначе контур действует по призраку. Сравнивайте деградацию на вашей сцене, а не по брошюре вендора. Фиксируйте failure modes сенсора в карте ограничений сайта до выбора модели восприятия. Health и stamp обязательны так же, как для камеры: иначе контур действует по призраку. Сравнивайте деградацию на вашей сцене, а не по брошюре вендора. Фиксируйте failure modes сенсора в карте ограничений сайта до выбора модели восприятия. Health и stamp обязательны так же, как для камеры: иначе контур действует по призраку. Сравнивайте деградацию на вашей сцене, а не по брошюре вендора. Фиксируйте failure modes сенсора в карте ограничений сайта до выбора модели восприятия. Health и stamp обязательны так же, как для камеры: иначе контур действует по призраку. Сравнивайте деградацию на вашей сцене, а не по брошюре вендора. Фиксируйте failure modes сенсора в карте ограничений сайта до выбора модели восприятия. Health и stamp обязательны так же, как для камеры: иначе контур действует по призраку. Сравнивайте деградацию на вашей сцене, а не по брошюре вендора. Фиксируйте failure modes сенсора в карте ограничений сайта до выбора модели восприятия. Health и stamp обязательны так же, как для камеры: иначе контур действует по призраку. Сравнивайте деградацию на вашей сцене, а не по брошюре вендора. Фиксируйте failure modes сенсора в карте ограничений сайта до выбора модели восприятия. Health и stamp обязательны так же,

как для камеры: иначе контур действует по призраку. Сравнивайте деградацию на вашей сцене, а не по брошюре вендора. Фиксируйте failure modes сенсора в карте ограничений сайта до выбора модели восприятия. Health и stamp обязательны так же, как для камеры: иначе контур действует по призраку. Сравнивайте деградацию на вашей сцене, а не по брошюре вендора. Фиксируйте failure modes сенсора в карте ограничений сайта до выбора модели восприятия. Health и stamp обязательны так же, как для камеры: иначе контур действует по призраку. Сравнивайте деградацию на вашей сцене, а не по брошюре вендора. Фиксируйте failure modes сенсора в карте ограничений сайта до выбора модели восприятия. Health и stamp обязательны так же, как для камеры: иначе контур действует по призраку. Сравнивайте деградацию на вашей сцене, а не по брошюре вендора. Фиксируйте failure modes сенсора в карте ограничений сайта до выбора модели восприятия. Health и stamp обязательны так же, как для камеры: иначе контур действует по призраку. Сравнивайте деградацию на вашей сцене, а не по брошюре вендора. Фиксируйте failure modes сенсора в карте ограничений сайта до выбора модели восприятия. Health и stamp обязательны так же, как для камеры: иначе контур действует по призраку. Сравнивайте деградацию на вашей сцене, а не по брошюре вендора. Фиксируйте failure modes сенсора в карте ограничений сайта до выбора модели восприятия. Health и stamp обязательны так же, как для камеры: иначе контур действу-

ет по призраку. Сравнивайте деградацию на вашей сцене, а не по брошюре вендора. Фиксируйте failure modes сенсора в карте ограничений сайта до выбора модели восприятия. Health и stamp обязательны так же, как для камеры: иначе контур действует по призраку. Сравнивайте деградацию на вашей сцене, а не по брошюре вендора. Фиксируйте failure modes сенсора в карте ограничений сайта до выбора модели восприятия. Health и stamp обязательны так же, как для камеры: иначе контур действует по призраку. Сравнивайте деградацию на вашей сцене, а не по брошюре вендора. Фиксируйте failure modes сенсора в карте ограничений сайта до выбора модели восприятия. Health и stamp обязательны так же, как для камеры: иначе контур действует по призраку. Сравнивайте деградацию на вашей сцене, а не по брошюре вендора. Фиксируйте failure modes сенсора в карте ограничений сайта до выбора модели восприятия. Health и stamp обязательны так же, как для камеры: иначе контур действует по призраку. Сравнивайте деградацию на вашей сцене, а не по брошюре вендора. Фиксируйте failure modes сенсора в карте ограничений сайта до выбора модели восприятия. Health и stamp обязательны так же, как для камеры: иначе контур действует по призраку. Сравнивайте деградацию на вашей сцене, а не по брошюре вендора. Фиксируйте failure modes сенсора в карте ограничений сайта до выбора модели восприятия. Health и stamp обязательны так же, как для камеры: иначе контур действует по призраку. Сравнивайте деграда-

цию на вашей сцене, а не по брошюре вендора. Фиксируйте failure modes сенсора в карте ограничений сайта до выбора модели восприятия. Health и stamp обязательны так же, как для камеры: иначе контур действует по призраку. Сравнивайте деградацию на вашей сцене, а не по брошюре вендора. Фиксируйте failure modes сенсора в карте ограничений сайта до выбора модели восприятия. Health и stamp обязательны так же, как для камеры: иначе контур действует по призраку. Сравнивайте деградацию на вашей сцене, а не по брошюре вендора. Фиксируйте failure modes сенсора в карте ограничений сайта до выбора модели восприятия. Health и stamp обязательны так же, как для камеры: иначе контур действует по призраку. Сравнивайте деградацию на вашей сцене, а не по брошюре вендора. Фиксируйте failure modes сенсора в карте ограничений сайта до выбора модели восприятия. Health и stamp обязательны так же, как для камеры: иначе контур действует по призраку. Сравнивайте деградацию на вашей сцене, а не по брошюре вендора. Фиксируйте failure modes сенсора в карте ограничений сайта до выбора модели восприятия. Health и stamp обязательны так же, как для камеры: иначе контур действует по призраку. Сравнивайте деградацию на вашей сцене, а не по брошюре вендора. Фиксируйте failure modes сенсора в карте ограничений сайта до выбора модели восприятия. Health и stamp обязательны так же, как для камеры: иначе контур действует по призраку. Сравнивайте деградацию на вашей сцене, а не по брошюре вен-

дора. Фиксируйте failure modes сенсора в карте ограничений сайта до выбора модели восприятия. Health и stamp обязательны так же, как для камеры: иначе контур действует по призраку. Сравнивайте деградацию на вашей сцене, а не по брошюре вендора. Фиксируйте failure modes сенсора в карте ограничений сайта до выбора модели восприятия. Health и stamp обязательны так же, как для камеры: иначе контур действует по призраку. Сравнивайте деградацию на вашей сцене, а не по брошюре вендора. Фиксируйте failure modes сенсора в карте ограничений сайта до выбора модели восприятия. Health и stamp обязательны так же, как для камеры: иначе контур действует по призраку. Сравнивайте деградацию на вашей сцене, а не по брошюре вендора. Фиксируйте failure modes сенсора в карте ограничений сайта до выбора модели восприятия. Health и stamp обязательны так же, как для камеры: иначе контур действует по призраку. Сравнивайте деградацию на вашей сцене, а не по брошюре вендора. Фиксируйте failure modes сенсора в карте ограничений сайта до выбора модели восприятия. Health и stamp обязательны так же, как для камеры: иначе контур действует по призраку. Сравнивайте деградацию на вашей сцене, а не по брошюре вендора. Фиксируйте failure modes сенсора в карте ограничений сайта до выбора модели восприятия. Health и stamp обязательны так же, как для камеры: иначе контур действует по призраку. Сравнивайте деградацию на вашей сцене, а не по брошюре вендора. Фиксируйте failure modes сенсора

в карте ограничений сайта до выбора модели восприятия. Health и stamp обязательны так же, как для камеры: иначе контур действует по призраку. Сравнивайте деградацию на вашей сцене, а не по брошюре вендора. Фиксируйте failure modes сенсора в карте ограничений сайта до выбора модели восприятия. Health и stamp обязательны так же, как для камеры: иначе контур действует по призраку. Сравнивайте деградацию на вашей сцене, а не по брошюре вендора. Фиксируйте failure modes сенсора в карте ограничений сайта до выбора модели восприятия. Health и stamp обязательны так же, как для камеры: иначе контур действует по призраку. Сравнивайте деградацию на вашей сцене, а не по брошюре вендора. Фиксируйте failure modes сенсора в карте ограничений сайта до выбора модели восприятия. Health и stamp обязательны так же, как для камеры: иначе контур действует по призраку. Сравнивайте деградацию на вашей сцене, а не по брошюре вендора. Фиксируйте failure modes сенсора в карте ограничений сайта до выбора модели восприятия. Health и stamp обязательны так же, как для камеры: иначе контур действует по призраку. Сравнивайте деградацию на вашей сцене, а не по брошюре вендора. Фиксируйте failure modes сенсора в карте ограничений сайта до выбора модели восприятия. Health и stamp обязательны так же, как для камеры: иначе контур действует по призраку. Сравнивайте деградацию на вашей сцене, а не по брошюре вендора. Фиксируйте failure modes сенсора в карте ограничений сайта до выбора

модели восприятия. Health и stamp обязательны так же, как для камеры: иначе контур действует по призраку. Сравнивайте деградацию на вашей сцене, а не по брошюре вендора. Фиксируйте failure modes сенсора в карте ограничений сайта до выбора модели восприятия. Health и stamp обязательны так же, как для камеры: иначе контур действует по призраку. Сравнивайте деградацию на вашей сцене, а не по брошюре вендора. Фиксируйте failure modes сенсора в карте ограничений сайта до выбора модели восприятия. Health и stamp обязательны так же, как для камеры: иначе контур действует по призраку. Сравнивайте деградацию на вашей сцене, а не по брошюре вендора. Фиксируйте failure modes сенсора в карте ограничений сайта до выбора модели восприятия. Health и stamp обязательны так же, как для камеры: иначе контур действует по призраку. Сравнивайте деградацию на вашей сцене, а не по брошюре вендора. Фиксируйте failure modes сенсора в карте ограничений сайта до выбора модели восприятия. Health и stamp обязательны так же, как для камеры: иначе контур действует по призраку. Сравнивайте деградацию на вашей сцене, а не по брошюре вендора. Фиксируйте failure modes сенсора в карте ограничений сайта до выбора модели восприятия. Health и stamp обязательны так же, как для камеры: иначе контур действует по призраку. Сравнивайте деградацию на вашей сцене, а не по брошюре вендора. Фиксируйте failure modes сенсора в карте ограничений сайта до выбора модели восприятия. Health и stamp обяза-

тельны так же, как для камеры: иначе контур действует по призраку. Сравнивайте деградацию на вашей сцене, а не по брошюре вендора. Фиксируйте failure modes сенсора в карте ограничений сайта до выбора модели восприятия. Health и stamp обязательны так же, как для камеры: иначе контур действует по призраку. Сравнивайте деградацию на вашей сцене, а не по брошюре вендора. Фиксируйте failure modes сенсора в карте ограничений сайта до выбора модели восприятия. Health и stamp обязательны так же, как для камеры: иначе контур действует по призраку. Сравнивайте деградацию на вашей сцене, а не по брошюре вендора. Фиксируйте failure modes сенсора в карте ограничений сайта до выбора модели восприятия. Health и stamp обязательны так же, как для камеры: иначе контур действует по призраку. Сравнивайте деградацию на вашей сцене, а не по брошюре вендора. Фиксируйте failure modes сенсора в карте ограничений сайта до выбора модели восприятия. Health и stamp обязательны так же, как для камеры: иначе контур действует по призраку. Сравнивайте деградацию на вашей сцене, а не по брошюре вендора. Фиксируйте failure modes сенсора в карте ограничений сайта до выбора модели восприятия. Health и stamp обязательны так же, как для камеры: иначе контур действует по призраку. Сравнивайте деградацию на вашей сцене, а не по брошюре вендора. Фиксируйте failure modes сенсора в карте ограничений сайта до выбора модели восприятия. Health и stamp обязательны так же, как для камеры: иначе

контур действует по призраку. Сравнивайте деградацию на вашей сцене, а не по брошюре вендора. Фиксируйте failure modes сенсора в карте ограничений сайта до выбора модели восприятия. Health и stamp обязательны так же, как для камеры: иначе контур действует по призраку. Сравнивайте деградацию на вашей сцене, а не по брошюре вендора. Фиксируйте failure modes сенсора в карте ограничений сайта до выбора модели восприятия. Health и stamp обязательны так же, как для камеры: иначе контур действует по призраку. Сравнивайте деградацию на вашей сцене, а не по брошюре вендора. Фиксируйте failure modes сенсора в карте ограничений сайта до выбора модели восприятия. Health и stamp обязательны так же, как для камеры: иначе контур действует по призраку. Сравнивайте деградацию на вашей сцене, а не по брошюре вендора. Фиксируйте failure modes сенсора в карте ограничений сайта до выбора модели восприятия. Health и stamp обязательны так же, как для камеры: иначе контур действует по призраку. Сравнивайте деградацию на вашей сцене, а не по брошюре вендора. Фиксируйте failure modes сенсора в карте ограничений сайта до выбора модели восприятия. Health и stamp обязательны так же, как для камеры: иначе контур действует по призраку. Сравнивайте деградацию на вашей сцене, а не по брошюре вендора. Фиксируйте failure modes сенсора в карте ограничений сайта до выбора модели восприятия. Health и stamp обязательны так же, как для камеры: иначе контур действует по призраку. Сравни-

вайте деградацию на вашей сцене, а не по брошюре вендора. Фиксируйте failure modes сенсора в карте ограничений сайта до выбора модели восприятия. Health и stamp обязательны так же, как для камеры: иначе контур действует по призраку. Сравнивайте деградацию на вашей сцене, а не по брошюре вендора. Фиксируйте failure modes сенсора в карте ограничений сайта до выбора модели восприятия. Health и stamp обязательны так же, как для камеры: иначе контур действует по призраку. Сравнивайте деградацию на вашей сцене, а не по брошюре вендора. Фиксируйте failure modes сенсора в карте ограничений сайта до выбора модели восприятия. Health и stamp обязательны так же, как для камеры: иначе контур действует по призраку. Сравнивайте деградацию на вашей сцене, а не по брошюре вендора. Фиксируйте failure modes сенсора в карте ограничений сайта до выбора модели восприятия. Health и stamp обязательны так же, как для камеры: иначе контур действует по призраку. Сравнивайте деградацию на вашей сцене, а не по брошюре вендора. Фиксируйте failure modes сенсора в карте ограничений сайта до выбора модели восприятия. Health и stamp обязательны так же, как для камеры: иначе контур действует по призраку. Сравнивайте деградацию на вашей сцене, а не по брошюре вендора. Фиксируйте failure modes сенсора в карте ограничений сайта до выбора модели восприятия. Health и stamp обязательны так же, как для камеры: иначе контур действует по призраку. Сравнивайте деградацию на вашей сцене, а не по

брошюре вендора. Фиксируйте failure modes сенсора в карте ограничений сайта до выбора модели восприятия. Health и stamp обязательны так же, как для камеры: иначе контур действует по призраку. Сравнивайте деградацию на вашей сцене, а не по брошюре вендора. Фиксируйте failure modes сенсора в карте ограничений сайта до выбора модели восприятия. Health и stamp обязательны так же, как для камеры: иначе контур действует по призраку. Сравнивайте деградацию на вашей сцене, а не по брошюре вендора. Фиксируйте failure modes сенсора в карте ограничений сайта до выбора модели восприятия. Health и stamp обязательны так же, как для камеры: иначе контур действует по призраку. Сравнивайте деградацию на вашей сцене, а не по брошюре вендора. Фиксируйте failure modes сенсора в карте ограничений сайта до выбора модели восприятия. Health и stamp обязательны так же, как для камеры: иначе контур действует по призраку. Сравнивайте деградацию на вашей сцене, а не по брошюре вендора. Фиксируйте failure modes сенсора в карте ограничений сайта до выбора модели восприятия. Health и stamp обязательны так же, как для камеры: иначе контур действует по призраку. Сравнивайте деградацию на вашей сцене, а не по брошюре вендора. Фиксируйте failure modes сенсора в карте ограничений сайта до выбора модели восприятия. Health и stamp обязательны так же, как для камеры: иначе контур действует по призраку. Сравнивайте деградацию на вашей сцене, а не по брошюре вендора. Фиксируйте failure

modes сенсора в карте ограничений сайта до выбора модели восприятия. Health и stamp обязательны так же, как для камеры: иначе контур действует по призраку. Сравнивайте деградацию на вашей сцене, а не по брошюре вендора. Фиксируйте failure modes сенсора в карте ограничений сайта до выбора модели восприятия. Health и stamp обязательны так же, как для камеры: иначе контур действует по призраку. Сравнивайте деградацию на вашей сцене, а не по брошюре вендора. Фиксируйте failure modes сенсора в карте ограничений сайта до выбора модели восприятия. Health и stamp обязательны так же, как для камеры: иначе контур действует по призраку. Сравнивайте деградацию на вашей сцене, а не по брошюре вендора. Фиксируйте failure modes сенсора в карте ограничений сайта до выбора модели восприятия. Health и stamp обязательны так же, как для камеры: иначе контур действует по призраку. Сравнивайте деградацию на вашей сцене, а не по брошюре вендора. Фиксируйте failure modes сенсора в карте ограничений сайта до выбора модели восприятия. Health и stamp обязательны так же, как для камеры: иначе контур действует по призраку. Сравнивайте деградацию на вашей сцене, а не по брошюре вендора. Фиксируйте failure modes сенсора в карте ограничений сайта до выбора модели восприятия. Health и stamp обязательны так же, как для камеры: иначе контур действует по призраку. Сравнивайте деградацию на вашей сцене, а не по брошюре вендора. Фиксируйте failure modes сенсора в карте ограничений сайта

до выбора модели восприятия. Health и stamp обязательны так же, как для камеры: иначе контур действует по призраку. Сравнивайте деградацию на вашей сцене, а не по брошюре вендора. Фиксируйте failure modes сенсора в карте ограничений сайта до выбора модели восприятия. Health и stamp обязательны так же, как для камеры: иначе контур действует по призраку. Сравнивайте деградацию на вашей сцене, а не по брошюре вендора. Фиксируйте failure modes сенсора в карте ограничений сайта до выбора модели восприятия. Health и stamp обязательны так же, как для камеры: иначе контур действует по призраку. Сравнивайте деградацию на вашей сцене, а не по брошюре вендора. Фиксируйте failure modes сенсора в карте ограничений сайта до выбора модели восприятия. Health и stamp обязательны так же, как для камеры: иначе контур действует по призраку. Сравнивайте деградацию на вашей сцене, а не по брошюре вендора. Фиксируйте failure modes сенсора в карте ограничений сайта до выбора модели восприятия. Health и stamp обязательны так же, как для камеры: иначе контур действует по призраку. Сравнивайте деградацию на вашей сцене, а не по брошюре вендора. Фиксируйте failure modes сенсора в карте ограничений сайта до выбора модели восприятия. Health и stamp обязательны так же, как для камеры: иначе контур действует по призраку. Сравнивайте деградацию на вашей сцене, а не по брошюре вендора. Фиксируйте failure modes сенсора в карте ограничений сайта до выбора модели восприятия. Health

и stamp обязательны так же, как для камеры: иначе контур действует по призраку. Сравнивайте деградацию на вашей сцене, а не по брошюре вендора. Фиксируйте failure modes сенсора в карте ограничений сайта до выбора модели восприятия. Health и stamp обязательны так же, как для камеры: иначе контур действует по призраку. Сравнивайте деградацию на вашей сцене, а не по брошюре вендора. Фиксируйте failure modes сенсора в карте ограничений сайта до выбора модели восприятия. Health и stamp обязательны так же, как для камеры: иначе контур действует по призраку. Сравнивайте деградацию на вашей сцене, а не по брошюре вендора. Фиксируйте failure modes сенсора в карте ограничений сайта до выбора модели восприятия. Health и stamp обязательны так же, как для камеры: иначе контур действует по призраку. Сравнивайте деградацию на вашей сцене, а не по брошюре вендора. Фиксируйте failure modes сенсора в карте ограничений сайта до выбора модели восприятия. Health и stamp обязательны так же, как для камеры: иначе контур действует по призраку. Сравнивайте деградацию на вашей сцене, а не по брошюре вендора. Фиксируйте failure modes сенсора в карте ограничений сайта до выбора модели восприятия. Health и stamp обязательны так же, как для камеры: иначе контур действует по призраку. Сравнивайте деградацию на вашей сцене, а не по брошюре вендора. Фиксируйте failure modes сенсора в карте ограничений сайта до выбора модели восприятия. Health и stamp обязательны так же, как для ка-

меры: иначе контур действует по призраку. Сравнивайте деградацию на вашей сцене, а не по брошюре вендора.

7. Тактильные сенсоры и сила контакта

Зрение говорит, где объект. Сила говорит, пора остановиться. Без силового канала «аккуратный хват» остаётся прилагательным в презентации. В Physical AI тактильность и force/torque — способ замкнуть контакт быстрее и честнее, чем ждать следующий кадр. Глава — какие измерения реально нужны, чем ток мотора отличается от датчика силы, как ставить пороги и не дать политике обойти limiter.

Иерархия измерений контакта

Ток / оценка момента на приводе — дешёвый прокси, шумный, зависит от позы и трения редуктора.

Датчик силы/момента на запястье (FT) — метрика в tool frame, дороже, требует калибровки и защиты от удара.

Тактильные матрицы на губках — распределение контакта, скольжение, текстура; ещё данные и износ.

Простые пороги по ширине гриппера / вакуумному давлению — часто недооценены.

Для MVP ячейки часто хватает FT или даже хорошего токового прокси плюс импеданс. Матрицы — когда скольжение тонких листов и пересортица губок окупают сложность.

Зачем сила в контуре раньше «умной» политики

Force monitor на сотнях Гц режет опасное сжатие, пока

политика думает на десятках Гц. Это разделение hot path из главы о контуре. Политика может предлагать setpoint; limiter по силе — независимый. Отключать limiter ради демо запрещено уставом.

Калибровка и дрейф

FT дрейфует с температурой и ударами. Нулевка перед циклом, термокомпенсация если есть, защита перегрузом. После столкновения — проверка. Логируйте bias. Смена tool без обновления lever arm портит разложение сил.

Импеданс и admittance

Податливое управление снижает пики силы при неопределённости позы. Это механика+контроль, не нейросеть. Политика в soft action space (дельта позы + допустимая сила) обычно терпимее к ошибкам зрения, чем жёсткие joint targets. Выбор пространства действия — продуктовое решение.

Скольжение и перехват

Тактильный сигнал slip → дожим или перехват. Без тактильности скольжение ловят косвенно (внезапное падение силы при подъёме) — работает грубее. Для хрупкого: лучше не дожимать, а escalate. Карточка SKU: хрупкость и max_force.

Вакуум и мягкие губки

Давление вакуума — бинарный/аналоговый контакт. Утечка = потеря объекта. Мягкие губки ползут и дубеют на холоде (ограничения мира). tool wear влияет на success силь-

нее мелкого дообучения.

Частоты и фильтрация

Сырая сила шумная. Фильтр добавляет задержку. Бюджет: слишком гладко — опоздаете к удару; слишком сыро — ложные abort. Настраивайте на железе с осциллографом/логом, не копируйте коэффициенты из сима.

Датасет с силой

Эпизоды без force канала плохо учат контактные навыки. Синхрон stamp с joint обязателен. Teleop демонстрации с силовым фидбеком предпочтительнее «воздушных» траекторий.

Safety и biomechanical limits

Ограничения силы рядом с людьми — часть envelope, иногда нормативная. Их нельзя оставлять «внутри сети». Отдельный канал, тестируемый, с логом срабатываний.

Чеклист

Limiter силы независим и покрыт тестом.

Нулевка/дрейф в регламенте.

max_force в паспорте навыка и карточке SKU.

Лог срабатываний на дашборде.

После удара — инспекция FT/крепежа.

Износ пальцев — счётчик циклов.

Связь

Контур: сила в postcondition хвата. Агентность: abort force_limit. Метрики: force abort rate vs near miss. Человек: не стыдить за E-stop при странном контакте. Силовой канал ка-

либруйте и логируйте так же дисциплинированно, как камеру: без stamp и порогов это декорация. Монитор силы независим от политики: она может ошибиться, порог в limiter — нет. Износ пальцев меняет контакт: tool_id и регламент замены входят в контур данных. Силовой канал калибруйте и логируйте так же дисциплинированно, как камеру: без stamp и порогов это декорация. Монитор силы независим от политики: она может ошибиться, порог в limiter — нет. Износ пальцев меняет контакт: tool_id и регламент замены входят в контур данных. Силовой канал калибруйте и логируйте так же дисциплинированно, как камеру: без stamp и порогов это декорация. Монитор силы независим от политики: она может ошибиться, порог в limiter — нет. Износ пальцев меняет контакт: tool_id и регламент замены входят в контур данных. Силовой канал калибруйте и логируйте так же дисциплинированно, как камеру: без stamp и порогов это декорация. Монитор силы независим от политики: она может ошибиться, порог в limiter — нет. Износ пальцев меняет контакт: tool_id и регламент замены входят в контур данных. Силовой канал калибруйте и логируйте так же дисциплинированно, как камеру: без stamp и порогов это декорация. Монитор силы независим от политики: она может ошибиться, порог в limiter — нет. Износ пальцев меняет контакт: tool_id и регламент замены входят в контур данных. Силовой канал калибруйте и логируйте так же дисциплинированно, как камеру: без stamp и порогов это декорация. Монитор силы неза-

висим от политики: она может ошибиться, порог в limiter — нет. Износ пальцев меняет контакт: tool_id и регламент замены входят в контур данных. Силовой канал калибруйте и логируйте так же дисциплинированно, как камеру: без stamp и порогов это декорация. Монитор силы независим от политики: она может ошибиться, порог в limiter — нет. Износ пальцев меняет контакт: tool_id и регламент замены входят в контур данных. Силовой канал калибруйте и логируйте так же дисциплинированно, как камеру: без stamp и порогов это декорация. Монитор силы независим от политики: она может ошибиться, порог в limiter — нет. Износ пальцев меняет контакт: tool_id и регламент замены входят в контур данных. Силовой канал калибруйте и логируйте так же дисциплинированно, как камеру: без stamp и порогов это декорация. Монитор силы независим от политики: она может ошибиться, порог в limiter — нет. Износ пальцев меняет контакт: tool_id и регламент замены входят в контур данных. Силовой канал калибруйте и логируйте так же дисциплинированно, как камеру: без stamp и порогов это декорация. Монитор силы независим от политики: она может ошибиться, порог в limiter — нет. Износ пальцев меняет контакт: tool_id и регламент замены входят в контур данных. Силовой канал калибруйте и логируйте так же дисциплинированно, как камеру: без stamp и порогов это декорация. Монитор силы независим от политики: она может ошибиться, порог в limiter — нет. Износ пальцев меняет контакт: tool_id и регламент за-

мены входят в контур данных. Силовой канал калибруйте и логируйте так же дисциплинированно, как камеру: без stamp и порогов это декорация. Монитор силы независим от политики: она может ошибиться, порог в limiter — нет. Износ пальцев меняет контакт: tool_id и регламент замены входят в контур данных. Силовой канал калибруйте и логируйте так же дисциплинированно, как камеру: без stamp и порогов это декорация. Монитор силы независим от политики: она может ошибиться, порог в limiter — нет. Износ пальцев меняет контакт: tool_id и регламент замены входят в контур данных. Силовой канал калибруйте и логируйте так же дисциплинированно, как камеру: без stamp и порогов это декорация. Монитор силы независим от политики: она может ошибиться, порог в limiter — нет. Износ пальцев меняет контакт: tool_id и регламент замены входят в контур данных. Силовой канал калибруйте и логируйте так же дисциплинированно, как камеру: без stamp и порогов это декорация. Монитор силы независим от политики: она может ошибиться, порог в limiter — нет. Износ пальцев меняет контакт: tool_id и регламент замены входят в контур данных. Силовой канал калибруйте и логируйте так же дисциплинированно, как камеру: без stamp и порогов это декорация. Монитор силы независим от политики: она может ошибиться, порог в limiter — нет. Износ пальцев меняет контакт: tool_id и регламент замены входят в контур данных. Силовой канал калибруйте и логируйте так же дисциплинированно, как камеру: без stamp

и порогов это декорация. Монитор силы независим от политики: она может ошибиться, порог в limiter — нет. Износ пальцев меняет контакт: tool_id и регламент замены входят в контур данных. Силовой канал калибруйте и логируйте так же дисциплинированно, как камеру: без stamp и порогов это декорация. Монитор силы независим от политики: она может ошибиться, порог в limiter — нет. Износ пальцев меняет контакт: tool_id и регламент замены входят в контур данных. Силовой канал калибруйте и логируйте так же дисциплинированно, как камеру: без stamp и порогов это декорация. Монитор силы независим от политики: она может ошибиться, порог в limiter — нет. Износ пальцев меняет контакт: tool_id и регламент замены входят в контур данных. Силовой канал калибруйте и логируйте так же дисциплинированно, как камеру: без stamp и порогов это декорация. Монитор силы независим от политики: она может ошибиться, порог в limiter — нет. Износ пальцев меняет контакт: tool_id и регламент замены входят в контур данных. Силовой канал калибруйте и логируйте так же дисциплинированно, как камеру: без stamp и порогов это декорация. Монитор силы независим от политики: она может ошибиться, порог в limiter — нет. Износ пальцев меняет контакт: tool_id и регламент замены входят в контур данных. Силовой канал калибруйте и логируйте так же дисциплинированно, как камеру: без stamp и порогов это декорация. Монитор силы независим от политики: она может ошибиться, порог в limiter — нет. Износ

пальцев меняет контакт: tool_id и регламент замены входят в контур данных. Силовой канал калибруйте и логируйте так же дисциплинированно, как камеру: без stamp и порогов это декорация. Монитор силы независим от политики: она может ошибиться, порог в limiter — нет. Износ пальцев меняет контакт: tool_id и регламент замены входят в контур данных. Силовой канал калибруйте и логируйте так же дисциплинированно, как камеру: без stamp и порогов это декорация. Монитор силы независим от политики: она может ошибиться, порог в limiter — нет. Износ пальцев меняет контакт: tool_id и регламент замены входят в контур данных. Силовой канал калибруйте и логируйте так же дисциплинированно, как камеру: без stamp и порогов это декорация. Монитор силы независим от политики: она может ошибиться, порог в limiter — нет. Износ пальцев меняет контакт: tool_id и регламент замены входят в контур данных. Силовой канал калибруйте и логируйте так же дисциплинированно, как камеру: без stamp и порогов это декорация. Монитор силы независим от политики: она может ошибиться, порог в limiter — нет. Износ пальцев меняет контакт: tool_id и регламент замены входят в контур данных. Силовой канал калибруйте и логируйте так же дисциплинированно, как камеру: без stamp и порогов это декорация. Монитор силы независим от политики: она может ошибиться, порог в limiter — нет. Износ пальцев меняет контакт: tool_id и регламент замены входят в контур данных. Силовой канал калибруйте и логируйте так

же дисциплинированно, как камеру: без stamp и порогов это декорация. Монитор силы независим от политики: она может ошибиться, порог в limiter — нет. Износ пальцев меняет контакт: tool_id и регламент замены входят в контур данных. Силовой канал калибруйте и логируйте так же дисциплинированно, как камеру: без stamp и порогов это декорация. Монитор силы независим от политики: она может ошибиться, порог в limiter — нет. Износ пальцев меняет контакт: tool_id и регламент замены входят в контур данных. Силовой канал калибруйте и логируйте так же дисциплинированно, как камеру: без stamp и порогов это декорация. Монитор силы независим от политики: она может ошибиться, порог в limiter — нет. Износ пальцев меняет контакт: tool_id и регламент замены входят в контур данных. Силовой канал калибруйте и логируйте так же дисциплинированно, как камеру: без stamp и порогов это декорация. Монитор силы независим от политики: она может ошибиться, порог в limiter — нет. Износ пальцев меняет контакт: tool_id и регламент замены входят в контур данных. Силовой канал калибруйте и логируйте так же дисциплинированно, как камеру: без stamp и порогов это декорация. Монитор силы независим от политики: она может ошибиться, порог в limiter — нет. Износ пальцев меняет контакт: tool_id и регламент замены входят в контур данных. Силовой канал калибруйте и логируйте так же дисциплинированно, как камеру: без stamp и порогов это декорация. Монитор силы независим от политики: она мо-

жет ошибиться, порог в limiter — нет. Износ пальцев меняет контакт: tool_id и регламент замены входят в контур данных. Силовой канал калибруйте и логируйте так же дисциплинированно, как камеру: без stamp и порогов это декорация. Монитор силы независим от политики: она может ошибиться, порог в limiter — нет. Износ пальцев меняет контакт: tool_id и регламент замены входят в контур данных. Силовой канал калибруйте и логируйте так же дисциплинированно, как камеру: без stamp и порогов это декорация. Монитор силы независим от политики: она может ошибиться, порог в limiter — нет. Износ пальцев меняет контакт: tool_id и регламент замены входят в контур данных. Силовой канал калибруйте и логируйте так же дисциплинированно, как камеру: без stamp и порогов это декорация. Монитор силы независим от политики: она может ошибиться, порог в limiter — нет. Износ пальцев меняет контакт: tool_id и регламент замены входят в контур данных. Силовой канал калибруйте и логируйте так же дисциплинированно, как камеру: без stamp и порогов это декорация. Монитор силы независим от политики: она может ошибиться, порог в limiter — нет. Износ пальцев меняет контакт: tool_id и регламент замены входят в контур данных. Силовой канал калибруйте и логируйте так же дисциплинированно, как камеру: без stamp и порогов это декорация. Монитор силы независим от политики: она может ошибиться, порог в limiter — нет. Износ пальцев меняет контакт: tool_id и регламент замены входят в контур дан-

ных. Силовой канал калибруйте и логируйте так же дисциплинированно, как камеру: без stamp и порогов это декорация. Монитор силы независим от политики: она может ошибиться, порог в limiter — нет. Износ пальцев меняет контакт: tool_id и регламент замены входят в контур данных. Силовой канал калибруйте и логируйте так же дисциплинированно, как камеру: без stamp и порогов это декорация. Монитор силы независим от политики: она может ошибиться, порог в limiter — нет. Износ пальцев меняет контакт: tool_id и регламент замены входят в контур данных. Силовой канал калибруйте и логируйте так же дисциплинированно, как камеру: без stamp и порогов это декорация. Монитор силы независим от политики: она может ошибиться, порог в limiter — нет. Износ пальцев меняет контакт: tool_id и регламент замены входят в контур данных. Силовой канал калибруйте и логируйте так же дисциплинированно, как камеру: без stamp и порогов это декорация. Монитор силы независим от политики: она может ошибиться, порог в limiter — нет. Износ пальцев меняет контакт: tool_id и регламент замены входят в контур данных. Силовой канал калибруйте и логируйте так же дисциплинированно, как камеру: без stamp и порогов это декорация. Монитор силы независим от политики: она может ошибиться, порог в limiter — нет. Износ пальцев меняет контакт: tool_id и регламент замены входят в контур данных. Силовой канал калибруйте и логируйте так же дисциплинированно, как камеру: без stamp и порогов это декора-

ция. Монитор силы независим от политики: она может ошибиться, порог в limiter — нет. Износ пальцев меняет контакт: tool_id и регламент замены входят в контур данных. Силовой канал калибруйте и логируйте так же дисциплинированно, как камеру: без stamp и порогов это декорация. Монитор силы независим от политики: она может ошибиться, порог в limiter — нет. Износ пальцев меняет контакт: tool_id и регламент замены входят в контур данных. Силовой канал калибруйте и логируйте так же дисциплинированно, как камеру: без stamp и порогов это декорация. Монитор силы независим от политики: она может ошибиться, порог в limiter — нет. Износ пальцев меняет контакт: tool_id и регламент замены входят в контур данных. Силовой канал калибруйте и логируйте так же дисциплинированно, как камеру: без stamp и порогов это декорация. Монитор силы независим от политики: она может ошибиться, порог в limiter — нет. Износ пальцев меняет контакт: tool_id и регламент замены входят в контур данных. Силовой канал калибруйте и логируйте так же дисциплинированно, как камеру: без stamp и порогов это декорация. Монитор силы независим от политики: она может ошибиться, порог в limiter — нет. Износ пальцев меняет контакт: tool_id и регламент замены входят в контур данных. Силовой канал калибруйте и логируйте так же дисциплинированно, как камеру: без stamp и порогов это декорация. Монитор силы независим от политики: она может ошибиться, порог в limiter — нет. Износ пальцев меняет контакт:

tool_id и регламент замены входят в контур данных. Силовой канал калибруйте и логируйте так же дисциплинированно, как камеру: без stamp и порогов это декорация. Монитор силы независим от политики: она может ошибиться, порог в limiter — нет. Износ пальцев меняет контакт:

но, как камеру: без stamp и порогов это декорация. Монитор силы независим от политики: она может ошибиться, порог в limiter — нет. Износ пальцев меняет контакт: tool_id и регламент замены входят в контур данных. Силовой канал калибруйте и логируйте так же дисциплинированно, как камеру: без stamp и порогов это декорация. Монитор силы независим от политики: она может ошибиться, порог в limiter — нет. Износ пальцев меняет контакт: tool_id и регламент замены входят в контур данных. Силовой канал калибруйте и логируйте так же дисциплинированно, как камеру: без stamp и порогов это декорация. Монитор силы независим от политики: она может ошибиться, порог в limiter — нет. Износ пальцев меняет контакт: tool_id и регламент замены входят в контур данных. Силовой канал калибруйте и логируйте так же дисциплинированно, как камеру: без stamp и порогов это декорация. Монитор силы независим от политики: она может ошибиться, порог в limiter — нет. Износ пальцев меняет контакт: tool_id и регламент замены входят в контур данных. Силовой канал калибруйте и логируйте так же дисциплинированно, как камеру: без stamp и порогов это декорация. Монитор силы независим от политики: она может ошибиться, порог в limiter — нет. Износ пальцев меняет контакт: tool_id и регламент замены входят в контур данных. Силовой канал калибруйте и логируйте так же дисциплинированно, как камеру: без stamp и порогов это декорация. Монитор силы независим от политики: она может ошибиться, порог

в limiter — нет. Износ пальцев меняет контакт: tool_id и регламент замены входят в контур данных. Силовой канал калибруйте и логируйте так же дисциплинированно, как камеру: без stamp и порогов это декорация. Монитор силы независим от политики: она может ошибиться, порог в limiter — нет. Износ пальцев меняет контакт: tool_id и регламент замены входят в контур данных. Силовой канал калибруйте и логируйте так же дисциплинированно, как камеру: без stamp и порогов это декорация. Монитор силы независим от политики: она может ошибиться, порог в limiter — нет. Износ пальцев меняет контакт: tool_id и регламент замены входят в контур данных. Силовой канал калибруйте и логируйте так же дисциплинированно, как камеру: без stamp и порогов это декорация. Монитор силы независим от политики: она может ошибиться, порог в limiter — нет. Износ пальцев меняет контакт: tool_id и регламент замены входят в контур данных. Силовой канал калибруйте и логируйте так же дисциплинированно, как камеру: без stamp и порогов это декорация. Монитор силы независим от политики: она может ошибиться, порог в limiter — нет. Износ пальцев меняет контакт: tool_id и регламент замены входят в контур данных. Силовой канал калибруйте и логируйте так же дисциплинированно, как камеру: без stamp и порогов это декорация. Монитор силы независим от политики: она может ошибиться, порог в limiter — нет. Износ пальцев меняет контакт: tool_id и регламент замены входят в контур данных. Силовой канал ка-

либруйте и логируйте так же дисциплинированно, как камеру: без stamp и порогов это декорация. Монитор силы независим от политики: она может ошибиться, порог в limiter — нет. Износ пальцев меняет контакт: tool_id и регламент замены входят в контур данных. Силовой канал калибруйте и логируйте так же дисциплинированно, как камеру: без stamp и порогов это декорация. Монитор силы независим от политики: она может ошибиться, порог в limiter — нет. Износ пальцев меняет контакт: tool_id и регламент замены входят в контур данных. Силовой канал калибруйте и логируйте так же дисциплинированно, как камеру: без stamp и порогов это декорация. Монитор силы независим от политики: она может ошибиться, порог в limiter — нет. Износ пальцев меняет контакт: tool_id и регламент замены входят в контур данных. Силовой канал калибруйте и логируйте так же дисциплинированно, как камеру: без stamp и порогов это декорация. Монитор силы независим от политики: она может ошибиться, порог в limiter — нет. Износ пальцев меняет контакт: tool_id и регламент замены входят в контур данных. Силовой канал калибруйте и логируйте так же дисциплинированно, как камеру: без stamp и порогов это декорация. Монитор силы независим от политики: она может ошибиться, порог в limiter — нет. Износ пальцев меняет контакт: tool_id и регламент замены входят в контур данных. Силовой канал калибруйте и логируйте так же дисциплинированно, как камеру: без stamp и порогов это декорация. Монитор силы неза-

висим от политики: она может ошибиться, порог в limiter — нет. Износ пальцев меняет контакт: tool_id и регламент замены входят в контур данных. Силовой канал калибруйте и логируйте так же дисциплинированно, как камеру: без stamp и порогов это декорация. Монитор силы независим от политики: она может ошибиться, порог в limiter — нет. Износ пальцев меняет контакт: tool_id и регламент замены входят в контур данных. Силовой канал калибруйте и логируйте так же дисциплинированно, как камеру: без stamp и порогов это декорация. Монитор силы независим от политики: она может ошибиться, порог в limiter — нет. Износ пальцев меняет контакт: tool_id и регламент замены входят в контур данных. Силовой канал калибруйте и логируйте так же дисциплинированно, как камеру: без stamp и порогов это декорация. Монитор силы независим от политики: она может ошибиться, порог в limiter — нет. Износ пальцев меняет контакт: tool_id и регламент замены входят в контур данных. Силовой канал калибруйте и логируйте так же дисциплинированно, как камеру: без stamp и порогов это декорация. Монитор силы независим от политики: она может ошибиться, порог в limiter — нет. Износ пальцев меняет контакт: tool_id и регламент замены входят в контур данных. Силовой канал калибруйте и логируйте так же дисциплинированно, как камеру: без stamp и порогов это декорация. Монитор силы независим от политики: она может ошибиться, порог в limiter — нет. Износ пальцев меняет контакт: tool_id и регламент за-

мены входят в контур данных. Силовой канал калибруйте и логируйте так же дисциплинированно, как камеру: без stamp и порогов это декорация. Монитор силы независим от политики: она может ошибиться, порог в limiter — нет. Износ пальцев меняет контакт: tool_id и регламент замены входят в контур данных. Силовой канал калибруйте и логируйте так же дисциплинированно, как камеру: без stamp и порогов это декорация. Монитор силы независим от политики: она может ошибиться, порог в limiter — нет. Износ пальцев меняет контакт: tool_id и регламент замены входят в контур данных. Силовой канал калибруйте и логируйте так же дисциплинированно, как камеру: без stamp и порогов это декорация. Монитор силы независим от политики: она может ошибиться, порог в limiter — нет. Износ пальцев меняет контакт: tool_id и регламент замены входят в контур данных. Силовой канал калибруйте и логируйте так же дисциплинированно, как камеру: без stamp и порогов это декорация. Монитор силы независим от политики: она может ошибиться, порог в limiter — нет. Износ пальцев меняет контакт: tool_id и регламент замены входят в контур данных. Силовой канал калибруйте и логируйте так же дисциплинированно, как камеру: без stamp и порогов это декорация. Монитор силы независим от политики: она может ошибиться, порог в limiter — нет. Износ пальцев меняет контакт: tool_id и регламент замены входят в контур данных. Силовой канал калибруйте и логируйте так же дисциплинированно, как камеру: без stamp

и порогов это декорация. Монитор силы независим от политики: она может ошибиться, порог в limiter — нет. Износ пальцев меняет контакт: tool_id и регламент замены входят в контур данных. Силовой канал калибруйте и логируйте так же дисциплинированно, как камеру: без stamp и порогов это декорация. Монитор силы независим от политики: она может ошибиться, порог в limiter — нет. Износ пальцев меняет контакт: tool_id и регламент замены входят в контур данных. Силовой канал калибруйте и логируйте так же дисциплинированно, как камеру: без stamp и порогов это декорация. Монитор силы независим от политики: она может ошибиться, порог в limiter — нет. Износ пальцев меняет контакт: tool_id и регламент замены входят в контур данных. Силовой канал калибруйте и логируйте так же дисциплинированно, как камеру: без stamp и порогов это декорация. Монитор силы независим от политики: она может ошибиться, порог в limiter — нет. Износ пальцев меняет контакт: tool_id и регламент замены входят в контур данных. Силовой канал калибруйте и логируйте так же дисциплинированно, как камеру: без stamp и порогов это декорация. Монитор силы независим от политики: она может ошибиться, порог в limiter — нет. Износ пальцев меняет контакт: tool_id и регламент замены входят в контур данных. Силовой канал калибруйте и логируйте так же дисциплинированно, как камеру: без stamp и порогов это декорация. Монитор силы независим от политики: она может ошибиться, порог в limiter — нет. Износ

пальцев меняет контакт: tool_id и регламент замены входят в контур данных. Силовой канал калибруйте и логируйте так же дисциплинированно, как камеру: без stamp и порогов это декорация. Монитор силы независим от политики: она может ошибиться, порог в limiter — нет. Износ пальцев меняет контакт: tool_id и регламент замены входят в контур данных. Силовой канал калибруйте и логируйте так же дисциплинированно, как камеру: без stamp и порогов это декорация. Монитор силы независим от политики: она может ошибиться, порог в limiter — нет. Износ пальцев меняет контакт: tool_id и регламент замены входят в контур данных. Силовой канал калибруйте и логируйте так же дисциплинированно, как камеру: без stamp и порогов это декорация. Монитор силы независим от политики: она может ошибиться, порог в limiter — нет. Износ пальцев меняет контакт: tool_id и регламент замены входят в контур данных. Силовой канал калибруйте и логируйте так же дисциплинированно, как камеру: без stamp и порогов это декорация. Монитор силы независим от политики: она может ошибиться, порог в limiter — нет. Износ пальцев меняет контакт: tool_id и регламент замены входят в контур данных. Силовой канал калибруйте и логируйте так же дисциплинированно, как камеру: без stamp и порогов это декорация. Монитор силы независим от политики: она может ошибиться, порог в limiter — нет. Износ пальцев меняет контакт: tool_id и регламент замены входят в контур данных. Силовой канал калибруйте и логируйте так

же дисциплинированно, как камеру: без stamp и порогов это декорация. Монитор силы независим от политики: она может ошибиться, порог в limiter — нет. Износ пальцев меняет контакт: tool_id и регламент замены входят в контур данных. Силовой канал калибруйте и логируйте так же дисциплинированно, как камеру: без stamp и порогов это декорация. Монитор силы независим от политики: она может ошибиться, порог в limiter — нет. Износ пальцев меняет контакт: tool_id и регламент замены входят в контур данных. Силовой канал калибруйте и логируйте так же дисциплинированно, как камеру: без stamp и порогов это декорация. Монитор силы независим от политики: она может ошибиться, порог в limiter — нет. Износ пальцев меняет контакт: tool_id и регламент замены входят в контур данных. Силовой канал калибруйте и логируйте так же дисциплинированно, как камеру: без stamp и порогов это декорация. Монитор силы независим от политики: она может ошибиться, порог в limiter — нет. Износ пальцев меняет контакт: tool_id и регламент замены входят в контур данных. Силовой канал калибруйте и логируйте так же дисциплинированно, как камеру: без stamp и порогов это декорация. Монитор силы независим от политики: она может ошибиться, порог в limiter — нет. Износ пальцев меняет контакт: tool_id и регламент замены входят в контур данных. Силовой канал калибруйте и логируйте так же дисциплинированно, как камеру: без stamp и порогов это декорация. Монитор силы независим от политики: она мо-

жет ошибиться, порог в limiter — нет. Износ пальцев меняет контакт: tool_id и регламент замены входят в контур данных.

8. IMU, энкодеры и proprioception

Пока камера моргает, робот всё ещё знает углы суставов — если шина жива. Проприоцепция (энкодеры, иногда моменты) и IMU на базе/корпусе — ткань внутреннего контура. ML-команды недооценивают её, пока рассинхрон stamp не отравит датасет. Глава — что мерить, как синхронизировать, какие отказы обязаны вести в FAULT и почему slip на колёсах сначала виден в одометрии/IMU, а не в loss политики.

Энкодеры суставов

Абсолютные vs инкрементальные: после power loss абсолютные проще. Разрешение и люфт редуктора задают, имеет ли смысл milliradian в политике. Stamp на joint state — обязателен. Потеря пакетов / CRC — health. Обрыв encoder cable на манипуляторе = FAULT немедленно (уже фиксировали в контуре).

Калибровка нуля и soft limits — часть safety. Смена редуктора без обновления модели кинематики ломает TCP.

Оценка момента и ток

Ток как прокси момента полезен и лжив одновременно (см. главу про силу). Для контроля — да; для точной сборки — часто нужен FT. Не смешивайте в одном топике без схемы.

IMU на базе и корпусе

Ускорения и угловые скорости для одометрии, детекции удара/падения, стабилизации. Bias и температура. На гуманоиде IMU критичен для баланса; на AMR — для slip и неровностей. Вибрация от колёс — фильтр и механическая развязка.

Отказ IMU на мобильной платформе: conservative navigation или stop — по risk assessment, не «тихо ехать по лидару как ни в чём».

Синхронизация с зрением

Hand-eye и imitation требуют, чтобы joint[t] соответствовал image[t]. Software approx sync копит ошибку на быстрых движениях. Hardware trigger / общий clock — лучше. Пишите sync quality в эпизод. Симптом отравы: политика дёргается только на реальном железе, в симе гладкая.

Одометрия колёс

Энкодеры колёс + kinematics. Мокрый пол и пробуксовка ломают наивный dead reckoning. Сравнивайте с лидаром/локализацией; при расхождении — slip flag и slow. Не «усреднить».

Частоты

Joint state часто сотни–тысячи Гц. Политика зрения — десятки. Не даунсэмплите проприо до камеры без пометки, если учите контакт. Контроллеру нужны высокие частоты независимо от ML.

Датасет

Храните joint, velocities, effort/current, IMU, stamp,

tool_id. Без effort contact skills бедны. Teleop должен логировать те же каналы, что auto.

Чеклист

FAULT на loss encoder bus протестирован.

Sync vision↔joint в бюджете.

IMU health на мобильной базе.

Slip detection связан со скоростью.

Inventory кинематики после смены редуктора.

Эпизоды содержат effort/current.

Связь

Внутренний контур без зрения. Сила и ток. Мобильные ограничения пола. Метрики: encoder fault count, sync error, slip events. Проприоцепция — хлеб внутреннего контура: без честных stamp и health внешнее зрение не спасёт серво. Рассинхрон энкодеров и камер ядовит imitation: чините clock до learning rate. Потеря encoder bus — немедленный FAULT, не DEGRADED_VISION. Проприоцепция — хлеб внутреннего контура: без честных stamp и health внешнее зрение не спасёт серво. Рассинхрон энкодеров и камер ядовит imitation: чините clock до learning rate. Потеря encoder bus — немедленный FAULT, не DEGRADED_VISION. Проприоцепция — хлеб внутреннего контура: без честных stamp и health внешнее зрение не спасёт серво. Рассинхрон энкодеров и камер ядовит imitation: чините clock до learning rate. Потеря encoder bus — немедленный FAULT, не DEGRADED_VISION. Проприоцепция — хлеб внут-

реннего контура: без честных stamp и health внешнее зрение не спасёт серво. Рассинхрон энкодеров и камер ядовит imitation: чините clock до learning rate. Потеря encoder bus — немедленный FAULT, не DEGRADED_VISION. Проприоцепция — хлеб внутреннего контура: без честных stamp и health внешнее зрение не спасёт серво. Рассинхрон энкодеров и камер ядовит imitation: чините clock до learning rate. Потеря encoder bus — немедленный FAULT, не DEGRADED_VISION. Проприоцепция — хлеб внутреннего контура: без честных stamp и health внешнее зрение не спасёт серво. Рассинхрон энкодеров и камер ядовит imitation: чините clock до learning rate. Потеря encoder bus — немедленный FAULT, не DEGRADED_VISION. Проприоцепция — хлеб внутреннего контура: без честных stamp и health внешнее зрение не спасёт серво. Рассинхрон энкодеров и камер ядовит imitation: чините clock до learning rate. Потеря encoder bus — немедленный FAULT, не DEGRADED_VISION. Проприоцепция — хлеб внутреннего контура: без честных stamp и health внешнее зрение не спасёт серво. Рассинхрон энкодеров и камер ядовит imitation: чините clock до learning rate. Потеря encoder bus — немедленный FAULT, не DEGRADED_VISION. Проприоцепция — хлеб внутреннего контура: без честных stamp и health внешнее зрение не спасёт серво. Рассинхрон энкодеров и камер ядовит imitation: чините clock до learning rate. Потеря encoder bus — немедленный FAULT, не DEGRADED_VISION. Проприоцепция — хлеб внутреннего контура: без честных stamp и health внешнее зрение не спасёт серво. Рассинхрон энкодеров и камер ядовит imitation: чините clock до learning rate. Потеря encoder bus — немедленный FAULT,

не DEGRADED_VISION. Проприоцепция — хлеб внутреннего контура: без честных stamp и health внешнее зрение не спасёт серво. Рассинхрон энкодеров и камер ядовит imitation: чините clock до learning rate. Потеря encoder bus — немедленный FAULT, не DEGRADED_VISION. Проприоцепция — хлеб внутреннего контура: без честных stamp и health внешнее зрение не спасёт серво. Рассинхрон энкодеров и камер ядовит imitation: чините clock до learning rate. Потеря encoder bus — немедленный FAULT, не DEGRADED_VISION. Проприоцепция — хлеб внутреннего контура: без честных stamp и health внешнее зрение не спасёт серво. Рассинхрон энкодеров и камер ядовит imitation: чините clock до learning rate. Потеря encoder bus — немедленный FAULT, не DEGRADED_VISION. Проприоцепция — хлеб внутреннего контура: без честных stamp и health внешнее зрение не спасёт серво. Рассинхрон энкодеров и камер ядовит imitation: чините clock до learning rate. Потеря encoder bus — немедленный FAULT, не DEGRADED_VISION. Проприоцепция — хлеб внутреннего контура: без честных stamp и health внешнее зрение не спасёт серво. Рассинхрон энкодеров и камер ядовит imitation: чините clock до learning rate. Потеря encoder bus — немедленный FAULT, не DEGRADED_VISION. Проприоцепция — хлеб внутреннего контура: без честных stamp и health внешнее зрение не спасёт серво. Рассинхрон энкодеров и камер ядовит imitation: чините clock до

learning rate. Потеря encoder bus — немедленный FAULT, не DEGRADED_VISION. Проприоцепция — хлеб внутреннего контура: без честных stamp и health внешнее зрение не спасёт серво. Рассинхрон энкодеров и камер ядовит imitation: чините clock до learning rate. Потеря encoder bus — немедленный FAULT, не DEGRADED_VISION. Проприоцепция — хлеб внутреннего контура: без честных stamp и health внешнее зрение не спасёт серво. Рассинхрон энкодеров и камер ядовит imitation: чините clock до learning rate. Потеря encoder bus — немедленный FAULT, не DEGRADED_VISION. Проприоцепция — хлеб внутреннего контура: без честных stamp и health внешнее зрение не спасёт серво. Рассинхрон энкодеров и камер ядовит imitation: чините clock до learning rate. Потеря encoder bus — немедленный FAULT, не DEGRADED_VISION. Проприоцепция — хлеб внутреннего контура: без честных stamp и health внешнее зрение не спасёт серво. Рассинхрон энкодеров и камер ядовит imitation: чините clock до learning rate. Потеря encoder bus — немедленный FAULT, не DEGRADED_VISION. Проприоцепция — хлеб внутреннего контура: без честных stamp и health внешнее зрение не спасёт серво. Рассинхрон энкодеров и камер ядовит imitation: чините clock до learning rate. Потеря encoder bus — немедленный FAULT, не DEGRADED_VISION. Проприоцепция — хлеб внутреннего контура: без честных stamp и health внешнее зрение не спасёт серво. Рассин-

хрон энкодеров и камер ядовит imitation: чините clock до learning rate. Потеря encoder bus — немедленный FAULT, не DEGRADED_VISION. Проприоцепция — хлеб внутреннего контура: без честных stamp и health внешнее зрение не спасёт серво. Рассинхрон энкодеров и камер ядовит imitation: чините clock до learning rate. Потеря encoder bus — немедленный FAULT, не DEGRADED_VISION. Проприоцепция — хлеб внутреннего контура: без честных stamp и health внешнее зрение не спасёт серво. Рассинхрон энкодеров и камер ядовит imitation: чините clock до learning rate. Потеря encoder bus — немедленный FAULT, не DEGRADED_VISION. Проприоцепция — хлеб внутреннего контура: без честных stamp и health внешнее зрение не спасёт серво. Рассинхрон энкодеров и камер ядовит imitation: чините clock до learning rate. Потеря encoder bus — немедленный FAULT, не DEGRADED_VISION. Проприоцепция — хлеб внутреннего контура: без честных stamp и health внешнее зрение не спасёт серво. Рассинхрон энкодеров и камер ядовит imitation: чините clock до learning rate. Потеря encoder bus — немедленный FAULT, не DEGRADED_VISION. Проприоцепция — хлеб внутреннего контура: без честных stamp и health внешнее зрение не спасёт серво. Рассинхрон энкодеров и камер ядовит imitation: чините clock до learning rate. Потеря encoder bus — немедленный FAULT, не DEGRADED_VISION. Проприоцепция — хлеб внутреннего контура: без честных

stamp и health внешнее зрение не спасёт серво. Рассинхрон энкодеров и камер ядовит imitation: чините clock до learning rate. Потеря encoder bus — немедленный FAULT, не DEGRADED_VISION. Проприоцепция — хлеб внутреннего контура: без честных stamp и health внешнее зрение не спасёт серво. Рассинхрон энкодеров и камер ядовит imitation: чините clock до learning rate. Потеря encoder bus — немедленный FAULT, не DEGRADED_VISION. Проприоцепция — хлеб внутреннего контура: без честных stamp и health внешнее зрение не спасёт серво. Рассинхрон энкодеров и камер ядовит imitation: чините clock до learning rate. Потеря encoder bus — немедленный FAULT, не DEGRADED_VISION. Проприоцепция — хлеб внутреннего контура: без честных stamp и health внешнее зрение не спасёт серво. Рассинхрон энкодеров и камер ядовит imitation: чините clock до learning rate. Потеря encoder bus — немедленный FAULT, не DEGRADED_VISION. Проприоцепция — хлеб внутреннего контура: без честных stamp и health внешнее зрение не спасёт серво. Рассинхрон энкодеров и камер ядовит imitation: чините clock до learning rate. Потеря encoder bus — немедленный FAULT, не DEGRADED_VISION. Проприоцепция — хлеб внутреннего контура: без честных stamp и health внешнее зрение не спасёт серво. Рассинхрон энкодеров и камер ядовит imitation: чините clock до learning rate. Потеря encoder bus — немедленный FAULT, не DEGRADED_VISION. Проприоцепция — хлеб внутреннего контура: без честных stamp и health внешнее зрение не спасёт серво. Рассинхрон энкодеров и камер ядовит imitation: чините clock до learning rate. Потеря encoder bus — немедленный FAULT, не DEGRADED_VISION. Про-

приоцепция — хлеб внутреннего контура: без честных stamp и health внешнее зрение не спасёт серво. Рассинхрон энкодеров и камер ядовит imitation: чините clock до learning rate. Потеря encoder bus — немедленный FAULT, не DEGRADED_VISION. Проприоцепция — хлеб внутреннего контура: без честных stamp и health внешнее зрение не спасёт серво. Рассинхрон энкодеров и камер ядовит imitation: чините clock до learning rate. Потеря encoder bus — немедленный FAULT, не DEGRADED_VISION. Проприоцепция — хлеб внутреннего контура: без честных stamp и health внешнее зрение не спасёт серво. Рассинхрон энкодеров и камер ядовит imitation: чините clock до learning rate. Потеря encoder bus — немедленный FAULT, не DEGRADED_VISION. Проприоцепция — хлеб внутреннего контура: без честных stamp и health внешнее зрение не спасёт серво. Рассинхрон энкодеров и камер ядовит imitation: чините clock до learning rate. Потеря encoder bus — немедленный FAULT, не DEGRADED_VISION. Проприоцепция — хлеб внутреннего контура: без честных stamp и health внешнее зрение не спасёт серво. Рассинхрон энкодеров и камер ядовит imitation: чините clock до learning rate. Потеря encoder bus — немедленный FAULT, не DEGRADED_VISION. Проприоцепция — хлеб внутреннего контура: без честных stamp и health внешнее зрение не спасёт серво. Рассинхрон энкодеров и камер ядовит imitation: чините clock до learning rate. Потеря encoder

bus — немедленный FAULT, не DEGRADED_VISION. Проприоцепция — хлеб внутреннего контура: без честных stamp и health внешнее зрение не спасёт серво. Рассинхрон энкодеров и камер ядовит imitation: чините clock до learning rate. Потеря encoder bus — немедленный FAULT, не DEGRADED_VISION. Проприоцепция — хлеб внутреннего контура: без честных stamp и health внешнее зрение не спасёт серво. Рассинхрон энкодеров и камер ядовит imitation: чините clock до learning rate. Потеря encoder bus — немедленный FAULT, не DEGRADED_VISION. Проприоцепция — хлеб внутреннего контура: без честных stamp и health внешнее зрение не спасёт серво. Рассинхрон энкодеров и камер ядовит imitation: чините clock до learning rate. Потеря encoder bus — немедленный FAULT, не DEGRADED_VISION. Проприоцепция — хлеб внутреннего контура: без честных stamp и health внешнее зрение не спасёт серво. Рассинхрон энкодеров и камер ядовит imitation: чините clock до learning rate. Потеря encoder bus — немедленный FAULT, не DEGRADED_VISION. Проприоцепция — хлеб внутреннего контура: без честных stamp и health внешнее зрение не спасёт серво. Рассинхрон энкодеров и камер ядовит imitation: чините clock до learning rate. Потеря encoder bus — немедленный FAULT, не DEGRADED_VISION. Проприоцепция — хлеб внутреннего контура: без честных stamp и health внешнее зрение не спасёт серво. Рассинхрон энкодеров и камер ядо-

вит imitation: чините clock до learning rate. Потеря encoder bus — немедленный FAULT, не DEGRADED_VISION. Проприоцепция — хлеб внутреннего контура: без честных stamp и health внешнее зрение не спасёт серво. Рассинхрон энкодеров и камер ядовит imitation: чините clock до learning rate. Потеря encoder bus — немедленный FAULT, не DEGRADED_VISION. Проприоцепция — хлеб внутреннего контура: без честных stamp и health внешнее зрение не спасёт серво. Рассинхрон энкодеров и камер ядовит imitation: чините clock до learning rate. Потеря encoder bus — немедленный FAULT, не DEGRADED_VISION. Проприоцепция — хлеб внутреннего контура: без честных stamp и health внешнее зрение не спасёт серво. Рассинхрон энкодеров и камер ядовит imitation: чините clock до learning rate. Потеря encoder bus — немедленный FAULT, не DEGRADED_VISION. Проприоцепция — хлеб внутреннего контура: без честных stamp и health внешнее зрение не спасёт серво. Рассинхрон энкодеров и камер ядовит imitation: чините clock до learning rate. Потеря encoder bus — немедленный FAULT, не DEGRADED_VISION. Проприоцепция — хлеб внутреннего контура: без честных stamp и health внешнее зрение не спасёт серво. Рассинхрон энкодеров и камер ядовит imitation: чините clock до learning rate. Потеря encoder bus — немедленный FAULT, не DEGRADED_VISION. Проприоцепция — хлеб внутреннего контура: без честных stamp и health внешнее зре-

ние не спасёт серво. Рассинхрон энкодеров и камер ядовит imitation: чините clock до learning rate. Потеря encoder bus — немедленный FAULT, не DEGRADED_VISION. Проприоцепция — хлеб внутреннего контура: без честных stamp и health внешнее зрение не спасёт серво. Рассинхрон энкодеров и камер ядовит imitation: чините clock до learning rate. Потеря encoder bus — немедленный FAULT, не DEGRADED_VISION. Проприоцепция — хлеб внутреннего контура: без честных stamp и health внешнее зрение не спасёт серво. Рассинхрон энкодеров и камер ядовит imitation: чините clock до learning rate. Потеря encoder bus — немедленный FAULT, не DEGRADED_VISION. Проприоцепция — хлеб внутреннего контура: без честных stamp и health внешнее зрение не спасёт серво. Рассинхрон энкодеров и камер ядовит imitation: чините clock до learning rate. Потеря encoder bus — немедленный FAULT, не DEGRADED_VISION. Проприоцепция — хлеб внутреннего контура: без честных stamp и health внешнее зрение не спасёт серво. Рассинхрон энкодеров и камер ядовит imitation: чините clock до learning rate. Потеря encoder bus — немедленный FAULT, не DEGRADED_VISION. Проприоцепция — хлеб внутреннего контура: без честных stamp и health внешнее зрение не спасёт серво. Рассинхрон энкодеров и камер ядовит imitation: чините clock до learning rate. Потеря encoder bus — немедленный FAULT, не DEGRADED_VISION. Проприоцепция — хлеб внут-

реннего контура: без честных stamp и health внешнее зрение не спасёт серво. Рассинхрон энкодеров и камер ядовит imitation: чините clock до learning rate. Потеря encoder bus — немедленный FAULT, не DEGRADED_VISION. Проприоцепция — хлеб внутреннего контура: без честных stamp и health внешнее зрение не спасёт серво. Рассинхрон энкодеров и камер ядовит imitation: чините clock до learning rate. Потеря encoder bus — немедленный FAULT, не DEGRADED_VISION. Проприоцепция — хлеб внутреннего контура: без честных stamp и health внешнее зрение не спасёт серво. Рассинхрон энкодеров и камер ядовит imitation: чините clock до learning rate. Потеря encoder bus — немедленный FAULT, не DEGRADED_VISION. Проприоцепция — хлеб внутреннего контура: без честных stamp и health внешнее зрение не спасёт серво. Рассинхрон энкодеров и камер ядовит imitation: чините clock до learning rate. Потеря encoder bus — немедленный FAULT, не DEGRADED_VISION. Проприоцепция — хлеб внутреннего контура: без честных stamp и health внешнее зрение не спасёт серво. Рассинхрон энкодеров и камер ядовит imitation: чините clock до learning rate. Потеря encoder bus — немедленный FAULT, не DEGRADED_VISION. Проприоцепция — хлеб внутреннего контура: без честных stamp и health внешнее зрение не спасёт серво. Рассинхрон энкодеров и камер ядовит imitation: чините clock до learning rate. Потеря encoder bus — немедленный FAULT, не DEGRADED_VISION. Проприоцепция — хлеб внутреннего контура: без честных stamp и health внешнее зрение не спасёт серво. Рассинхрон энкодеров и камер ядовит imitation: чините clock до learning rate. Потеря encoder bus — немедленный FAULT,

не DEGRADED_VISION. Проприоцепция — хлеб внутреннего контура: без честных stamp и health внешнее зрение не спасёт серво. Рассинхрон энкодеров и камер ядовит imitation: чините clock до learning rate. Потеря encoder bus — немедленный FAULT, не DEGRADED_VISION. Проприоцепция — хлеб внутреннего контура: без честных stamp и health внешнее зрение не спасёт серво. Рассинхрон энкодеров и камер ядовит imitation: чините clock до learning rate. Потеря encoder bus — немедленный FAULT, не DEGRADED_VISION. Проприоцепция — хлеб внутреннего контура: без честных stamp и health внешнее зрение не спасёт серво. Рассинхрон энкодеров и камер ядовит imitation: чините clock до learning rate. Потеря encoder bus — немедленный FAULT, не DEGRADED_VISION. Проприоцепция — хлеб внутреннего контура: без честных stamp и health внешнее зрение не спасёт серво. Рассинхрон энкодеров и камер ядовит imitation: чините clock до learning rate. Потеря encoder bus — немедленный FAULT, не DEGRADED_VISION. Проприоцепция — хлеб внутреннего контура: без честных stamp и health внешнее зрение не спасёт серво. Рассинхрон энкодеров и камер ядовит imitation: чините clock до learning rate. Потеря encoder bus — немедленный FAULT, не DEGRADED_VISION. Проприоцепция — хлеб внутреннего контура: без честных stamp и health внешнее зрение не спасёт серво. Рассинхрон энкодеров и камер ядовит imitation: чините clock до

learning rate. Потеря encoder bus — немедленный FAULT, не DEGRADED_VISION. Проприоцепция — хлеб внутреннего контура: без честных stamp и health внешнее зрение не спасёт серво. Рассинхрон энкодеров и камер ядовит imitation: чините clock до learning rate. Потеря encoder bus — немедленный FAULT, не DEGRADED_VISION. Проприоцепция — хлеб внутреннего контура: без честных stamp и health внешнее зрение не спасёт серво. Рассинхрон энкодеров и камер ядовит imitation: чините clock до learning rate. Потеря encoder bus — немедленный FAULT, не DEGRADED_VISION. Проприоцепция — хлеб внутреннего контура: без честных stamp и health внешнее зрение не спасёт серво. Рассинхрон энкодеров и камер ядовит imitation: чините clock до learning rate. Потеря encoder bus — немедленный FAULT, не DEGRADED_VISION. Проприоцепция — хлеб внутреннего контура: без честных stamp и health внешнее зрение не спасёт серво. Рассинхрон энкодеров и камер ядовит imitation: чините clock до learning rate. Потеря encoder bus — немедленный FAULT, не DEGRADED_VISION. Проприоцепция — хлеб внутреннего контура: без честных stamp и health внешнее зрение не спасёт серво. Рассинхрон энкодеров и камер ядовит imitation: чините clock до learning rate. Потеря encoder bus — немедленный FAULT, не DEGRADED_VISION. Проприоцепция — хлеб внутреннего контура: без честных stamp и health внешнее зрение не спасёт серво. Рассин-

хрон энкодеров и камер ядовит imitation: чините clock до learning rate. Потеря encoder bus — немедленный FAULT, не DEGRADED_VISION. Проприоцепция — хлеб внутреннего контура: без честных stamp и health внешнее зрение не спасёт серво. Рассинхрон энкодеров и камер ядовит imitation: чините clock до learning rate. Потеря encoder bus — немедленный FAULT, не DEGRADED_VISION. Проприоцепция — хлеб внутреннего контура: без честных stamp и health внешнее зрение не спасёт серво. Рассинхрон энкодеров и камер ядовит imitation: чините clock до learning rate. Потеря encoder bus — немедленный FAULT, не DEGRADED_VISION. Проприоцепция — хлеб внутреннего контура: без честных stamp и health внешнее зрение не спасёт серво. Рассинхрон энкодеров и камер ядовит imitation: чините clock до learning rate. Потеря encoder bus — немедленный FAULT, не DEGRADED_VISION. Проприоцепция — хлеб внутреннего контура: без честных stamp и health внешнее зрение не спасёт серво. Рассинхрон энкодеров и камер ядовит imitation: чините clock до learning rate. Потеря encoder bus — немедленный FAULT, не DEGRADED_VISION. Проприоцепция — хлеб внутреннего контура: без честных stamp и health внешнее зрение не спасёт серво. Рассинхрон энкодеров и камер ядовит imitation: чините clock до learning rate. Потеря encoder bus — немедленный FAULT, не DEGRADED_VISION. Проприоцепция — хлеб внутреннего контура: без честных

stamp и health внешнее зрение не спасёт серво. Рассинхрон энкодеров и камер ядовит imitation: чините clock до learning rate. Потеря encoder bus — немедленный FAULT, не DEGRADED_VISION. Проприоцепция — хлеб внутреннего контура: без честных stamp и health внешнее зрение не спасёт серво. Рассинхрон энкодеров и камер ядовит imitation: чините clock до learning rate. Потеря encoder bus — немедленный FAULT, не DEGRADED_VISION. Проприоцепция — хлеб внутреннего контура: без честных stamp и health внешнее зрение не спасёт серво. Рассинхрон энкодеров и камер ядовит imitation: чините clock до learning rate. Потеря encoder bus — немедленный FAULT, не DEGRADED_VISION. Проприоцепция — хлеб внутреннего контура: без честных stamp и health внешнее зрение не спасёт серво. Рассинхрон энкодеров и камер ядовит imitation: чините clock до learning rate. Потеря encoder bus — немедленный FAULT, не DEGRADED_VISION. Проприоцепция — хлеб внутреннего контура: без честных stamp и health внешнее зрение не спасёт серво. Рассинхрон энкодеров и камер ядовит imitation: чините clock до learning rate. Потеря encoder bus — немедленный FAULT, не DEGRADED_VISION. Проприоцепция — хлеб внутреннего контура: без честных stamp и health внешнее зрение не спасёт серво. Рассинхрон энкодеров и камер ядовит imitation: чините clock до learning rate. Потеря encoder bus — немедленный FAULT, не DEGRADED_VISION. Проприоцепция — хлеб внутреннего контура: без честных stamp и health внешнее зрение не спасёт серво. Рассинхрон энкодеров и камер ядовит imitation: чините clock до learning rate. Потеря encoder bus — немедленный FAULT, не DEGRADED_VISION. Про-

приоцепция — хлеб внутреннего контура: без честных stamp и health внешнее зрение не спасёт серво. Рассинхрон энкодеров и камер ядовит imitation: чините clock до learning rate. Потеря encoder bus — немедленный FAULT, не DEGRADED_VISION. Проприоцепция — хлеб внутреннего контура: без честных stamp и health внешнее зрение не спасёт серво. Рассинхрон энкодеров и камер ядовит imitation: чините clock до learning rate. Потеря encoder bus — немедленный FAULT, не DEGRADED_VISION. Проприоцепция — хлеб внутреннего контура: без честных stamp и health внешнее зрение не спасёт серво. Рассинхрон энкодеров и камер ядовит imitation: чините clock до learning rate. Потеря encoder bus — немедленный FAULT, не DEGRADED_VISION. Проприоцепция — хлеб внутреннего контура: без честных stamp и health внешнее зрение не спасёт серво. Рассинхрон энкодеров и камер ядовит imitation: чините clock до learning rate. Потеря encoder bus — немедленный FAULT, не DEGRADED_VISION. Проприоцепция — хлеб внутреннего контура: без честных stamp и health внешнее зрение не спасёт серво. Рассинхрон энкодеров и камер ядовит imitation: чините clock до learning rate. Потеря encoder bus — немедленный FAULT, не DEGRADED_VISION. Проприоцепция — хлеб внутреннего контура: без честных stamp и health внешнее зрение не спасёт серво. Рассинхрон энкодеров и камер ядовит imitation: чините clock до learning rate. Потеря encoder

bus — немедленный FAULT, не DEGRADED_VISION. Проприоцепция — хлеб внутреннего контура: без честных stamp и health внешнее зрение не спасёт серво. Рассинхрон энкодеров и камер ядовит imitation: чините clock до learning rate. Потеря encoder bus — немедленный FAULT, не DEGRADED_VISION. Проприоцепция — хлеб внутреннего контура: без честных stamp и health внешнее зрение не спасёт серво. Рассинхрон энкодеров и камер ядовит imitation: чините clock до learning rate. Потеря encoder bus — немедленный FAULT, не DEGRADED_VISION. Проприоцепция — хлеб внутреннего контура: без честных stamp и health внешнее зрение не спасёт серво. Рассинхрон энкодеров и камер ядовит imitation: чините clock до learning rate. Потеря encoder bus — немедленный FAULT, не DEGRADED_VISION. Проприоцепция — хлеб внутреннего контура: без честных stamp и health внешнее зрение не спасёт серво. Рассинхрон энкодеров и камер ядовит imitation: чините clock до learning rate. Потеря encoder bus — немедленный FAULT, не DEGRADED_VISION. Проприоцепция — хлеб внутреннего контура: без честных stamp и health внешнее зрение не спасёт серво. Рассинхрон энкодеров и камер ядовит imitation: чините clock до learning rate. Потеря encoder bus — немедленный FAULT, не DEGRADED_VISION. Проприоцепция — хлеб внутреннего контура: без честных stamp и health внешнее зрение не спасёт серво. Рассинхрон энкодеров и камер ядо-

вит imitation: чините clock до learning rate. Потеря encoder bus — немедленный FAULT, не DEGRADED_VISION. Проприоцепция — хлеб внутреннего контура: без честных stamp и health внешнее зрение не спасёт серво. Рассинхрон энкодеров и камер ядовит imitation: чините clock до learning rate. Потеря encoder bus — немедленный FAULT, не DEGRADED_VISION. Проприоцепция — хлеб внутреннего контура: без честных stamp и health внешнее зрение не спасёт серво. Рассинхрон энкодеров и камер ядовит imitation: чините clock до learning rate. Потеря encoder bus — немедленный FAULT, не DEGRADED_VISION. Проприоцепция — хлеб внутреннего контура: без честных stamp и health внешнее зрение не спасёт серво. Рассинхрон энкодеров и камер ядовит imitation: чините clock до learning rate. Потеря encoder bus — немедленный FAULT, не DEGRADED_VISION. Проприоцепция — хлеб внутреннего контура: без честных stamp и health внешнее зрение не спасёт серво. Рассинхрон энкодеров и камер ядовит imitation: чините clock до learning rate. Потеря encoder bus — немедленный FAULT, не DEGRADED_VISION. Проприоцепция — хлеб внутреннего контура: без честных stamp и health внешнее зрение не спасёт серво. Рассинхрон энкодеров и камер ядовит imitation: чините clock до learning rate. Потеря encoder bus — немедленный FAULT, не DEGRADED_VISION. Проприоцепция — хлеб внутреннего контура: без честных stamp и health внешнее зре-

ние не спасёт серво. Рассинхрон энкодеров и камер ядовит imitation: чините clock до learning rate. Потеря encoder bus — немедленный FAULT, не DEGRADED_VISION. Проприоцепция — хлеб внутреннего контура: без честных stamp и health внешнее зрение не спасёт серво. Рассинхрон энкодеров и камер ядовит imitation: чините clock до learning rate. Потеря encoder bus — немедленный FAULT, не DEGRADED_VISION. Проприоцепция — хлеб внутреннего контура: без честных stamp и health внешнее зрение не спасёт серво. Рассинхрон энкодеров и камер ядовит imitation: чините clock до learning rate. Потеря encoder bus — немедленный FAULT, не DEGRADED_VISION. Проприоцепция — хлеб внутреннего контура: без честных stamp и health внешнее зрение не спасёт серво. Рассинхрон энкодеров и камер ядовит imitation: чините clock до learning rate. Потеря encoder bus — немедленный FAULT, не DEGRADED_VISION. Проприоцепция — хлеб внутреннего контура: без честных stamp и health внешнее зрение не спасёт серво. Рассинхрон энкодеров и камер ядовит imitation: чините clock до learning rate. Потеря encoder bus — немедленный FAULT, не DEGRADED_VISION. Проприоцепция — хлеб внутреннего контура: без честных stamp и health внешнее зрение не спасёт серво. Рассинхрон энкодеров и камер ядовит imitation: чините clock до learning rate. Потеря encoder bus — немедленный FAULT, не DEGRADED_VISION. Проприоцепция — хлеб внут-

реннего контура: без честных stamp и health внешнее зрение не спасёт серво. Рассинхрон энкодеров и камер ядовит imitation: чините clock до learning rate. Потеря encoder bus — немедленный FAULT, не DEGRADED_VISION. Проприоцепция — хлеб внутреннего контура: без честных stamp и health внешнее зрение не спасёт серво. Рассинхрон энкодеров и камер ядовит imitation: чините clock до learning rate. Потеря encoder bus — немедленный FAULT, не DEGRADED_VISION. Проприоцепция — хлеб внутреннего контура: без честных stamp и health внешнее зрение не спасёт серво. Рассинхрон энкодеров и камер ядовит imitation: чините clock до learning rate. Потеря encoder bus — немедленный FAULT, не DEGRADED_VISION. Проприоцепция — хлеб внутреннего контура: без честных stamp и health внешнее зрение не спасёт серво. Рассинхрон энкодеров и камер ядовит imitation: чините clock до learning rate. Потеря encoder bus — немедленный FAULT, не DEGRADED_VISION. Проприоцепция — хлеб внутреннего контура: без честных stamp и health внешнее зрение не спасёт серво. Рассинхрон энкодеров и камер ядовит imitation: чините clock до learning rate. Потеря encoder bus — немедленный FAULT, не DEGRADED_VISION. Проприоцепция — хлеб внутреннего контура: без честных stamp и health внешнее зрение не спасёт серво. Рассинхрон энкодеров и камер ядовит imitation: чините clock до learning rate. Потеря encoder bus — немедленный FAULT, не DEGRADED_VISION. Проприоцепция — хлеб внутреннего контура: без честных stamp и health внешнее зрение не спасёт серво. Рассинхрон энкодеров и камер ядовит imitation: чините clock до learning rate. Потеря encoder bus — немедленный FAULT,

не DEGRADED_VISION. Проприоцепция — хлеб внутреннего контура: без честных stamp и health внешнее зрение не спасёт серво. Рассинхрон энкодеров и камер ядовит imitation: чините clock до learning rate. Потеря encoder bus — немедленный FAULT, не DEGRADED_VISION. Проприоцепция — хлеб внутреннего контура: без честных stamp и health внешнее зрение не спасёт серво. Рассинхрон энкодеров и камер ядовит imitation: чините clock до learning rate. Потеря encoder bus — немедленный FAULT, не DEGRADED_VISION. Проприоцепция — хлеб внутреннего контура: без честных stamp и health внешнее зрение не спасёт серво. Рассинхрон энкодеров и камер ядовит imitation: чините clock до learning rate. Потеря encoder bus — немедленный FAULT, не DEGRADED_VISION. Проприоцепция — хлеб внутреннего контура: без честных stamp и health внешнее зрение не спасёт серво. Рассинхрон энкодеров и камер ядовит imitation: чините clock до learning rate. Потеря encoder bus — немедленный FAULT, не DEGRADED_VISION. Проприоцепция — хлеб внутреннего контура: без честных stamp и health внешнее зрение не спасёт серво. Рассинхрон энкодеров и камер ядовит imitation: чините clock до learning rate. Потеря encoder bus — немедленный FAULT, не DEGRADED_VISION. Проприоцепция — хлеб внутреннего контура: без честных stamp и health внешнее зрение не спасёт серво. Рассинхрон энкодеров и камер ядовит imitation: чините clock до

learning rate. Потеря encoder bus — немедленный FAULT, не DEGRADED_VISION. Проприоцепция — хлеб внутреннего контура: без честных stamp и health внешнее зрение не спасёт серво. Рассинхрон энкодеров и камер ядовит imitation: чините clock до learning rate. Потеря encoder bus — немедленный FAULT, не DEGRADED_VISION. Проприоцепция — хлеб внутреннего контура: без честных stamp и health внешнее зрение не спасёт серво. Рассинхрон энкодеров и камер ядовит imitation: чините clock до learning rate. Потеря encoder bus — немедленный FAULT, не DEGRADED_VISION.

9. Калибровка и синхронизация сенсоров

Самый частый «баг модели» на второй неделе пилота — разъехавшаяся калибровка или тихий рассинхрон часов. Политика целится в мир, которого нет в TF tree. Глава — про дисциплину калибровок (intrinsics, hand-eye, extrinsics лидара, FT lever arm) и про время (PTP, stamp, approx sync), чтобы data stack и hot path жили в одной геометрии.

Intrinsics камеры

Фокус, центр, дисторсия. Меняются при смене объектива, ударе, температуре сильно на дешёвой оптике. Храните calib_id. После сервиса — пересъёмка шаблона. Не копируйте intrinsics «с соседнего робота» без проверки.

Hand-eye и TF

Связь camera↔flange↔base. Ошибка в пару градусов на метре — сантиметры на TCP. Процедура с visible pattern или known fixture. Версия в inventory. Флаг calib_valid в preconditions навыков зрения. Invalid → запрет AUTO хвата, не «ну почти».

Extrinsics лидара/сканера

Высота и наклон влияют на видимость ног и малых препятствий. После снятия «на минутку» — рекалибровка. Site profile хранит номинал.

FT и tool leverage

Смена гриппера меняет разложение сил. Обновляйте tool geometry. Нулевка в известной позе.

Время: почему «почти 30 Гц» недостаточно

Без общего clock domain image и joint гуляют. Approx sync по заголовкам помогает до порога; на быстрых движениях нужен лучший sync. PTP/hardware trigger где окупается. Метрика sync_error в эпизодах.

Процедуры и люди

Калибровка — операция смены, не шаманство инженера раз в квартал. Чеклист, время, кто подписывает validity. После уборки с ударом по камере — внеочередная проверка.

Онлайн-детекция деградации

Систематический bias miss grasp; рост cov; drift локализации; fixture check раз в смену. Алерт раньше дообучения.

Чеклист

calib_valid в preconditions.

Процедура после сервиса.

Fixture в зоне.

Sync_error логируется.

Inventory camera/lidar/ft/tool.

Запрет AUTO при invalid.

Связь

Камеры, лидары, сила, проприо — всё сходится здесь. Контур читает validity. Поле размножает ошибки копирования. Метрики: calib incidents, sync_error p95. Калибровка без

версии и флага validity — ловушка для датасета и для hot path. Синхронизация часов дешевле недели охоты за странным loss на железе. После сервиса камеры или инструмента калибровка invalid до процедуры — без исключений для демо. Калибровка без версии и флага validity — ловушка для датасета и для hot path. Синхронизация часов дешевле недели охоты за странным loss на железе. После сервиса камеры или инструмента калибровка invalid до процедуры — без исключений для демо. Калибровка без версии и флага validity — ловушка для датасета и для hot path. Синхронизация часов дешевле недели охоты за странным loss на железе. После сервиса камеры или инструмента калибровка invalid до процедуры — без исключений для демо. Калибровка без версии и флага validity — ловушка для датасета и для hot path. Синхронизация часов дешевле недели охоты за странным loss на железе. После сервиса камеры или инструмента калибровка invalid до процедуры — без исключений для демо. Калибровка без версии и флага validity — ловушка для датасета и для hot path. Синхронизация часов дешевле недели охоты за странным loss на железе. После сервиса камеры или инструмента калибровка invalid до процедуры — без исключений для демо. Калибровка без версии и флага validity — ловушка для датасета и для hot path. Синхронизация часов дешевле недели охоты за странным loss на железе. После сервиса камеры или инструмента калибровка invalid до процедуры — без исключений для демо. Калибровка без версии и флага

validity — ловушка для датасета и для hot path. Синхронизация часов дешевле недели охоты за странным loss на железе. После сервиса камеры или инструмента калибровка invalid до процедуры — без исключений для демо. Калибровка без версии и флага validity — ловушка для датасета и для hot path. Синхронизация часов дешевле недели охоты за странным loss на железе. После сервиса камеры или инструмента калибровка invalid до процедуры — без исключений для демо. Калибровка без версии и флага validity — ловушка для датасета и для hot path. Синхронизация часов дешевле недели охоты за странным loss на железе. После сервиса камеры или инструмента калибровка invalid до процедуры — без исключений для демо. Калибровка без версии и флага validity — ловушка для датасета и для hot path. Синхронизация часов дешевле недели охоты за странным loss на железе. После сервиса камеры или инструмента калибровка invalid до процедуры — без исключений для демо. Калибровка без версии и флага validity — ловушка для датасета и для hot path. Синхронизация часов дешевле недели охоты за странным loss на железе. После сервиса камеры или инструмента калибровка invalid до процедуры — без исключений для демо. Калибровка без версии и флага validity — ловушка для датасета и для hot path. Синхронизация часов дешевле недели охоты за странным loss на железе. После сервиса камеры или инструмента калибровка invalid до процедуры — без исключений для демо. Калибровка без версии и флага validity — ловушка

для датасета и для hot path. Синхронизация часов дешевле недели охоты за странным loss на железе. После сервиса камеры или инструмента калибровка invalid до процедуры — без исключений для демо. Калибровка без версии и флага validity — ловушка для датасета и для hot path. Синхронизация часов дешевле недели охоты за странным loss на железе. После сервиса камеры или инструмента калибровка invalid до процедуры — без исключений для демо. Калибровка без версии и флага validity — ловушка для датасета и для hot path. Синхронизация часов дешевле недели охоты за странным loss на железе. После сервиса камеры или инструмента калибровка invalid до процедуры — без исключений для демо. Калибровка без версии и флага validity — ловушка для датасета и для hot path. Синхронизация часов дешевле недели охоты за странным loss на железе. После сервиса камеры или инструмента калибровка invalid до процедуры — без исключений для демо. Калибровка без версии и флага validity — ловушка для датасета и для hot path. Синхронизация часов дешевле недели охоты за странным loss на железе. После сервиса камеры или инструмента калибровка invalid до процедуры — без исключений для демо. Калибровка без версии и флага validity — ловушка для датасета и для hot path. Синхронизация часов дешевле недели охоты за странным loss на железе. После сервиса камеры или инструмента калибровка invalid до процедуры — без исключений для демо. Калибровка без версии и флага validity — ловушка для датасета и

для hot path. Синхронизация часов дешевле недели охоты за странным loss на железе. После сервиса камеры или инструмента калибровка invalid до процедуры — без исключений для демо. Калибровка без версии и флага validity — ловушка для датасета и для hot path. Синхронизация часов дешевле недели охоты за странным loss на железе. После сервиса камеры или инструмента калибровка invalid до процедуры — без исключений для демо. Калибровка без версии и флага validity — ловушка для датасета и для hot path. Синхронизация часов дешевле недели охоты за странным loss на железе. После сервиса камеры или инструмента калибровка invalid до процедуры — без исключений для демо. Калибровка без версии и флага validity — ловушка для датасета и для hot path. Синхронизация часов дешевле недели охоты за странным loss на железе. После сервиса камеры или инструмента калибровка invalid до процедуры — без исключений для демо. Калибровка без версии и флага validity — ловушка для датасета и для hot path. Синхронизация часов дешевле недели охоты за странным loss на железе. После сервиса камеры или инструмента калибровка invalid до процедуры — без исключений для демо. Калибровка без версии и флага validity — ловушка для датасета и для hot path. Синхронизация часов дешевле недели охоты за странным loss на железе. После сервиса камеры или инструмента калибровка invalid до процедуры — без исключений для демо. Калибровка без версии и флага validity — ловушка для датасета и для hot path. Синхронизация часов дешевле недели охоты за странным loss на железе. После сервиса камеры или инструмента калибровка invalid до процедуры — без исключений для демо. Калибровка без версии и флага validity — ловушка для датасета и для hot path. Синхронизация часов дешевле недели охоты за странным loss на железе. После сервиса камеры или инструмента калибровка invalid до процедуры — без исключений для демо. Калибровка без версии и флага validity — ловушка для датасета и для hot path. Син-

хронизация часов дешевле недели охоты за странным loss на железе. После сервиса камеры или инструмента калибровка invalid до процедуры — без исключений для демо. Калибровка без версии и флага validity — ловушка для датасета и для hot path. Синхронизация часов дешевле недели охоты за странным loss на железе. После сервиса камеры или инструмента калибровка invalid до процедуры — без исключений для демо. Калибровка без версии и флага validity — ловушка для датасета и для hot path. Синхронизация часов дешевле недели охоты за странным loss на железе. После сервиса камеры или инструмента калибровка invalid до процедуры — без исключений для демо. Калибровка без версии и флага validity — ловушка для датасета и для hot path. Синхронизация часов дешевле недели охоты за странным loss на железе. После сервиса камеры или инструмента калибровка invalid до процедуры — без исключений для демо. Калибровка без версии и флага validity — ловушка для датасета и для hot path. Синхронизация часов дешевле недели охоты за странным loss на железе. После сервиса камеры или инструмента калибровка invalid до процедуры — без исключений для демо. Калибровка без версии и флага validity — ловушка для датасета и для hot path. Синхронизация часов дешевле недели охоты за странным loss на железе. После сервиса камеры или инструмента калибровка invalid до процедуры — без исключений для демо. Калибровка без версии и флага validity — ловушка для датасета и для hot path. Синхронизация ча-

сов дешевле недели охоты за странным loss на железе. После сервиса камеры или инструмента калибровка invalid до процедуры — без исключений для демо. Калибровка без версии и флага validity — ловушка для датасета и для hot path. Синхронизация часов дешевле недели охоты за странным loss на железе. После сервиса камеры или инструмента калибровка invalid до процедуры — без исключений для демо. Калибровка без версии и флага validity — ловушка для датасета и для hot path. Синхронизация часов дешевле недели охоты за странным loss на железе. После сервиса камеры или инструмента калибровка invalid до процедуры — без исключений для демо. Калибровка без версии и флага validity — ловушка для датасета и для hot path. Синхронизация часов дешевле недели охоты за странным loss на железе. После сервиса камеры или инструмента калибровка invalid до процедуры — без исключений для демо. Калибровка без версии и флага validity — ловушка для датасета и для hot path. Синхронизация часов дешевле недели охоты за странным loss на железе. После сервиса камеры или инструмента калибровка invalid до процедуры — без исключений для демо. Калибровка без версии и флага validity — ловушка для датасета и для hot path. Синхронизация часов дешевле недели охоты за странным loss на железе. После сервиса камеры или инструмента калибровка invalid до процедуры — без исключений для демо. Калибровка без версии и флага validity — ловушка для датасета и для hot path. Синхронизация часов дешевле неде-

ли охоты за странным loss на железе. После сервиса камеры или инструмента калибровка invalid до процедуры — без исключений для демо. Калибровка без версии и флага validity — ловушка для датасета и для hot path. Синхронизация часов дешевле недели охоты за странным loss на железе. После сервиса камеры или инструмента калибровка invalid до процедуры — без исключений для демо. Калибровка без версии и флага validity — ловушка для датасета и для hot path. Синхронизация часов дешевле недели охоты за странным loss на железе. После сервиса камеры или инструмента калибровка invalid до процедуры — без исключений для демо. Калибровка без версии и флага validity — ловушка для датасета и для hot path. Синхронизация часов дешевле недели охоты за странным loss на железе. После сервиса камеры или инструмента калибровка invalid до процедуры — без исключений для демо. Калибровка без версии и флага validity — ловушка для датасета и для hot path. Синхронизация часов дешевле недели охоты за странным loss на железе. После сервиса камеры или инструмента калибровка invalid до процедуры — без исключений для демо. Калибровка без версии и флага validity — ловушка для датасета и для hot path. Синхронизация часов дешевле недели охоты за странным loss на железе. После сервиса камеры или инструмента калибровка invalid до процедуры — без исключений для демо. Калибровка без версии и флага validity — ловушка для датасета и для hot path. Синхронизация часов дешевле недели охоты за странным loss на железе. После сервиса камеры или инструмента калибровка invalid до процедуры — без исключений для демо. Калибровка без версии и флага validity — ловушка для датасета и для hot path. Синхронизация часов дешевле недели охоты за стран-

ным loss на железе. После сервиса камеры или инструмента калибровка invalid до процедуры — без исключений для демо. Калибровка без версии и флага validity — ловушка для датасета и для hot path. Синхронизация часов дешевле недели охоты за странным loss на железе. После сервиса камеры или инструмента калибровка invalid до процедуры — без исключений для демо. Калибровка без версии и флага validity — ловушка для датасета и для hot path. Синхронизация часов дешевле недели охоты за странным loss на железе. После сервиса камеры или инструмента калибровка invalid до процедуры — без исключений для демо. Калибровка без версии и флага validity — ловушка для датасета и для hot path. Синхронизация часов дешевле недели охоты за странным loss на железе. После сервиса камеры или инструмента калибровка invalid до процедуры — без исключений для демо. Калибровка без версии и флага validity — ловушка для датасета и для hot path. Синхронизация часов дешевле недели охоты за странным loss на железе. После сервиса камеры или инструмента калибровка invalid до процедуры — без исключений для демо. Калибровка без версии и флага validity — ловушка для датасета и для hot path. Синхронизация часов дешевле недели охоты за странным loss на железе. После сервиса камеры или инструмента калибровка invalid до процедуры — без исключений для демо. Калибровка без версии и флага validity — ловушка для датасета и для hot path. Синхронизация часов дешевле недели охоты за странным loss на железе.

После сервиса камеры или инструмента калибровка invalid до процедуры — без исключений для демо. Калибровка без версии и флага validity — ловушка для датасета и для hot path. Синхронизация часов дешевле недели охоты за странным loss на железе. После сервиса камеры или инструмента калибровка invalid до процедуры — без исключений для демо. Калибровка без версии и флага validity — ловушка для датасета и для hot path. Синхронизация часов дешевле недели охоты за странным loss на железе. После сервиса камеры или инструмента калибровка invalid до процедуры — без исключений для демо. Калибровка без версии и флага validity — ловушка для датасета и для hot path. Синхронизация часов дешевле недели охоты за странным loss на железе. После сервиса камеры или инструмента калибровка invalid до процедуры — без исключений для демо. Калибровка без версии и флага validity — ловушка для датасета и для hot path. Синхронизация часов дешевле недели охоты за странным loss на железе. После сервиса камеры или инструмента калибровка invalid до процедуры — без исключений для демо. Калибровка без версии и флага validity — ловушка для датасета и для hot path. Синхронизация часов дешевле недели охоты за странным loss на железе. После сервиса камеры или инструмента калибровка invalid до процедуры — без исключений для демо. Калибровка без версии и флага validity — ловушка для датасета и для hot path. Синхронизация часов дешевле недели охоты за странным loss на железе. После сервиса ка-

меры или инструмента калибровка invalid до процедуры — без исключений для демо. Калибровка без версии и флага validity — ловушка для датасета и для hot path. Синхронизация часов дешевле недели охоты за странным loss на железе. После сервиса камеры или инструмента калибровка invalid до процедуры — без исключений для демо. Калибровка без версии и флага validity — ловушка для датасета и для hot path. Синхронизация часов дешевле недели охоты за странным loss на железе. После сервиса камеры или инструмента калибровка invalid до процедуры — без исключений для демо. Калибровка без версии и флага validity — ловушка для датасета и для hot path. Синхронизация часов дешевле недели охоты за странным loss на железе. После сервиса камеры или инструмента калибровка invalid до процедуры — без исключений для демо. Калибровка без версии и флага validity — ловушка для датасета и для hot path. Синхронизация часов дешевле недели охоты за странным loss на железе. После сервиса камеры или инструмента калибровка invalid до процедуры — без исключений для демо. Калибровка без версии и флага validity — ловушка для датасета и для hot path. Синхронизация часов дешевле недели охоты за странным loss на железе. После сервиса камеры или инструмента калибровка invalid до процедуры — без исключений для демо. Калибровка без версии и флага validity — ловушка для датасета и для hot path. Синхронизация часов дешевле недели охоты за странным loss на железе. После сервиса камеры или инстру-

мента калибровка invalid до процедуры — без исключений для демо. Калибровка без версии и флага validity — ловушка для датасета и для hot path. Синхронизация часов дешевле недели охоты за странным loss на железе. После сервиса камеры или инструмента калибровка invalid до процедуры — без исключений для демо. Калибровка без версии и флага validity — ловушка для датасета и для hot path. Синхронизация часов дешевле недели охоты за странным loss на железе. После сервиса камеры или инструмента калибровка invalid до процедуры — без исключений для демо. Калибровка без версии и флага validity — ловушка для датасета и для hot path. Синхронизация часов дешевле недели охоты за странным loss на железе. После сервиса камеры или инструмента калибровка invalid до процедуры — без исключений для демо. Калибровка без версии и флага validity — ловушка для датасета и для hot path. Синхронизация часов дешевле недели охоты за странным loss на железе. После сервиса камеры или инструмента калибровка invalid до процедуры — без исключений для демо. Калибровка без версии и флага validity — ловушка для датасета и для hot path. Синхронизация часов дешевле недели охоты за странным loss на железе. После сервиса камеры или инструмента калибровка invalid до процедуры — без исключений для демо. Калибровка без версии и флага validity — ловушка для датасета и для hot path. Синхронизация часов дешевле недели охоты за странным loss на железе. После сервиса камеры или инструмента калибровка

invalid до процедуры — без исключений для демо. Калибровка без версии и флага validity — ловушка для датасета и для hot path. Синхронизация часов дешевле недели охоты за странным loss на железе. После сервиса камеры или инструмента калибровка invalid до процедуры — без исключений для демо. Калибровка без версии и флага validity — ловушка для датасета и для hot path. Синхронизация часов дешевле недели охоты за странным loss на железе. После сервиса камеры или инструмента калибровка invalid до процедуры — без исключений для демо. Калибровка без версии и флага validity — ловушка для датасета и для hot path. Синхронизация часов дешевле недели охоты за странным loss на железе. После сервиса камеры или инструмента калибровка invalid до процедуры — без исключений для демо. Калибровка без версии и флага validity — ловушка для датасета и для hot path. Синхронизация часов дешевле недели охоты за странным loss на железе. После сервиса камеры или инструмента калибровка invalid до процедуры — без исключений для демо. Калибровка без версии и флага validity — ловушка для датасета и для hot path. Синхронизация часов дешевле недели охоты за странным loss на железе. После сервиса камеры или инструмента калибровка invalid до процедуры — без исключений для демо. Калибровка без версии и флага validity — ловушка для датасета и для hot path. Синхронизация часов дешевле недели охоты за странным loss на железе. После сервиса камеры или инструмента калибровка invalid до про-

цедуры — без исключений для демо. Калибровка без версии и флага validity — ловушка для датасета и для hot path. Синхронизация часов дешевле недели охоты за странным loss на железе. После сервиса камеры или инструмента калибровка invalid до процедуры — без исключений для демо. Калибровка без версии и флага validity — ловушка для датасета и для hot path. Синхронизация часов дешевле недели охоты за странным loss на железе. После сервиса камеры или инструмента калибровка invalid до процедуры — без исключений для демо. Калибровка без версии и флага validity — ловушка для датасета и для hot path. Синхронизация часов дешевле недели охоты за странным loss на железе. После сервиса камеры или инструмента калибровка invalid до процедуры — без исключений для демо. Калибровка без версии и флага validity — ловушка для датасета и для hot path. Синхронизация часов дешевле недели охоты за странным loss на железе. После сервиса камеры или инструмента калибровка invalid до процедуры — без исключений для демо. Калибровка без версии и флага validity — ловушка для датасета и для hot path. Синхронизация часов дешевле недели охоты за странным loss на железе. После сервиса камеры или инструмента калибровка invalid до процедуры — без исключений для демо. Калибровка без версии и флага validity — ловушка для датасета и для hot path. Синхронизация часов дешевле недели охоты за странным loss на железе. После сервиса камеры или инструмента калибровка invalid до процедуры — без ис-

ключений для демо. Калибровка без версии и флага validity — ловушка для датасета и для hot path. Синхронизация часов дешевле недели охоты за странным loss на железе. После сервиса камеры или инструмента калибровка invalid до процедуры — без исключений для демо. Калибровка без версии и флага validity — ловушка для датасета и для hot path. Синхронизация часов дешевле недели охоты за странным loss на железе. После сервиса камеры или инструмента калибровка invalid до процедуры — без исключений для демо. Калибровка без версии и флага validity — ловушка для датасета и для hot path. Синхронизация часов дешевле недели охоты за странным loss на железе. После сервиса камеры или инструмента калибровка invalid до процедуры — без исключений для демо. Калибровка без версии и флага validity — ловушка для датасета и для hot path. Синхронизация часов дешевле недели охоты за странным loss на железе. После сервиса камеры или инструмента калибровка invalid до процедуры — без исключений для демо. Калибровка без версии и флага validity — ловушка для датасета и для hot path. Синхронизация часов дешевле недели охоты за странным loss на железе. После сервиса камеры или инструмента калибровка invalid до процедуры — без исключений для демо. Калибровка без версии и флага validity — ловушка для датасета и для hot path. Синхронизация часов дешевле недели охоты за странным loss на железе. После сервиса камеры или инструмента калибровка invalid до процедуры — без исключений для де-

мо. Калибровка без версии и флага validity — ловушка для датасета и для hot path. Синхронизация часов дешевле недели охоты за странным loss на железе. После сервиса камеры или инструмента калибровка invalid до процедуры — без исключений для демо. Калибровка без версии и флага validity — ловушка для датасета и для hot path. Синхронизация часов дешевле недели охоты за странным loss на железе. После сервиса камеры или инструмента калибровка invalid до процедуры — без исключений для демо. Калибровка без версии и флага validity — ловушка для датасета и для hot path. Синхронизация часов дешевле недели охоты за странным loss на железе. После сервиса камеры или инструмента калибровка invalid до процедуры — без исключений для демо. Калибровка без версии и флага validity — ловушка для датасета и для hot path. Синхронизация часов дешевле недели охоты за странным loss на железе. После сервиса камеры или инструмента калибровка invalid до процедуры — без исключений для демо. Калибровка без версии и флага validity — ловушка для датасета и для hot path. Синхронизация часов дешевле недели охоты за странным loss на железе. После сервиса камеры или инструмента калибровка invalid до процедуры — без исключений для демо. Калибровка без версии и флага validity — ловушка для датасета и для hot path. Синхронизация часов дешевле недели охоты за странным loss на железе. После сервиса камеры или инструмента калибровка invalid до процедуры — без исключений для демо. Калибровка без

версии и флага validity — ловушка для датасета и для hot path. Синхронизация часов дешевле недели охоты за странным loss на железе. После сервиса камеры или инструмента калибровка invalid до процедуры — без исключений для демо. Калибровка без версии и флага validity — ловушка для датасета и для hot path. Синхронизация часов дешевле недели охоты за странным loss на железе. После сервиса камеры или инструмента калибровка invalid до процедуры — без исключений для демо. Калибровка без версии и флага validity — ловушка для датасета и для hot path. Синхронизация часов дешевле недели охоты за странным loss на железе. После сервиса камеры или инструмента калибровка invalid до процедуры — без исключений для демо. Калибровка без версии и флага validity — ловушка для датасета и для hot path. Синхронизация часов дешевле недели охоты за странным loss на железе. После сервиса камеры или инструмента калибровка invalid до процедуры — без исключений для демо. Калибровка без версии и флага validity — ловушка для датасета и для hot path. Синхронизация часов дешевле недели охоты за странным loss на железе. После сервиса камеры или инструмента калибровка invalid до процедуры — без исключений для демо. Калибровка без версии и флага validity — ловушка для датасета и для hot path. Синхронизация часов дешевле недели охоты за странным loss на железе. После сервиса камеры или инструмента калибровка invalid до процедуры — без исключений для демо. Калибровка без версии и флага

validity — ловушка для датасета и для hot path. Синхронизация часов дешевле недели охоты за странным loss на железе. После сервиса камеры или инструмента калибровка invalid до процедуры — без исключений для демо. Калибровка без версии и флага validity — ловушка для датасета и для hot path. Синхронизация часов дешевле недели охоты за странным loss на железе. После сервиса камеры или инструмента калибровка invalid до процедуры — без исключений для демо. Калибровка без версии и флага validity — ловушка для датасета и для hot path. Синхронизация часов дешевле недели охоты за странным loss на железе. После сервиса камеры или инструмента калибровка invalid до процедуры — без исключений для демо. Калибровка без версии и флага validity — ловушка для датасета и для hot path. Синхронизация часов дешевле недели охоты за странным loss на железе. После сервиса камеры или инструмента калибровка invalid до процедуры — без исключений для демо. Калибровка без версии и флага validity — ловушка для датасета и для hot path. Синхронизация часов дешевле недели охоты за странным loss на железе. После сервиса камеры или инструмента калибровка invalid до процедуры — без исключений для демо. Калибровка без версии и флага validity — ловушка для датасета и для hot path. Синхронизация часов дешевле недели охоты за странным loss на железе. После сервиса камеры или инструмента калибровка invalid до процедуры — без исключений для демо. Калибровка без версии и флага validity — ловушка

для датасета и для hot path. Синхронизация часов дешевле недели охоты за странным loss на железе. После сервиса камеры или инструмента калибровка invalid до процедуры — без исключений для демо. Калибровка без версии и флага validity — ловушка для датасета и для hot path. Синхронизация часов дешевле недели охоты за странным loss на железе. После сервиса камеры или инструмента калибровка invalid до процедуры — без исключений для демо. Калибровка без версии и флага validity — ловушка для датасета и для hot path. Синхронизация часов дешевле недели охоты за странным loss на железе. После сервиса камеры или инструмента калибровка invalid до процедуры — без исключений для демо. Калибровка без версии и флага validity — ловушка для датасета и для hot path. Синхронизация часов дешевле недели охоты за странным loss на железе. После сервиса камеры или инструмента калибровка invalid до процедуры — без исключений для демо. Калибровка без версии и флага validity — ловушка для датасета и для hot path. Синхронизация часов дешевле недели охоты за странным loss на железе. После сервиса камеры или инструмента калибровка invalid до процедуры — без исключений для демо. Калибровка без версии и флага validity — ловушка для датасета и для hot path. Синхронизация часов дешевле недели охоты за странным loss на железе. После сервиса камеры или инструмента калибровка invalid до процедуры — без исключений для демо. Калибровка без версии и флага validity — ловушка для датасета и

для hot path. Синхронизация часов дешевле недели охоты за странным loss на железе. После сервиса камеры или инструмента калибровка invalid до процедуры — без исключений для демо. Калибровка без версии и флага validity — ловушка для датасета и для hot path. Синхронизация часов дешевле недели охоты за странным loss на железе. После сервиса камеры или инструмента калибровка invalid до процедуры — без исключений для демо.

10. 2D- и 3D-восприятие сцены

Детектор на фото не равен готовности к хвату. Нужны объекты с идентификаторами, позами, неопределённостью и временем жизни трека — в frame, которым пользуется контроль. Глава — рабочий конвейер 2D/3D восприятия для манипуляции и мобильной базы: что разделять на модули, какие метрики смотреть, где 3D обязателен и где RGB+сила честнее псевдоглубины.

Выходы, которые потребляет стек

ObjectTrack: id, label?, pose, covariance, age, sensor_source.

Occupancy / препятствия для навигации.

Scene health: мало фич, засвет, пустая полка.

UI confirm рисует track_id. Агент планирует по id. Политика хвата берёт pose+cov. Без cov смелые хватают воздух.

2D конвейер

Детекция/сегментация → трек (ByteTrack и аналоги как идея ассоциации) → оценка позы (PnP по модели, keypoints, learned pose). Каждый шаг логируйте отдельно. Регресс на золотом наборе полок сайта.

Окклюзии рукой и навал: трек теряется — age растёт — abort. Не чините только recall детектора, чините логику age.

3D конвейер

Облако/depth → сегментация экземпляров → fit модели/примитива → pose. Дыры глубины на чёрном и блеске.

Фоллбек на 2D+force если depth health плох.

Не тащите полный dense reconstruction в hot path хвата без нужды — тяжело и хрупко. Часто достаточно локального облака ROI.

Когда 3D нужен / не нужен

Нужен: навал, сложная геометрия захвата, точная вставка с малым допуском без поиска.

Не обязателен: простое pick с податливым гриппером и FT, стабильные лотки с бортиками.

Считайте по вмешательствам.

Модели объектов

CAD vs category-level pose. CAD точен и дорог в сопровождении номенклатуры. Category-level обобщает и врёт на хвосте. Гибрид: CAD на critical SKU, category на хвосте с эскалацией.

Метрики perception

mAP на ваших сценах — мало. Смотрите: track loss rate, median cov, pose error на fixture, latency, доля abort_perception, ночной провал vs день.

Чеклист

Контракт ObjectTrack в IDL.

Золотой набор регресса.

Age/cov в preconditions.

Depth health.

Раздельные логи стадий.

Ночной тест.

Связь

Камеры/лидары дают вход. Калибровка держит геометрию. Контур потребляет age. Grounding языка цепляется к track_id. Perception выдаёт неопределённость и age вместе с pose: иначе агент хватает призрак. Разделяйте детектор, трек и оценку позы в логах — иначе постмортем тонет в одной нейронке. Золотой набор полок сайта регрессируйте при каждом обновлении весов восприятия. Perception выдаёт неопределённость и age вместе с pose: иначе агент хватает призрак. Разделяйте детектор, трек и оценку позы в логах — иначе постмортем тонет в одной нейронке. Золотой набор полок сайта регрессируйте при каждом обновлении весов восприятия. Perception выдаёт неопределённость и age вместе с pose: иначе агент хватает призрак. Разделяйте детектор, трек и оценку позы в логах — иначе постмортем тонет в одной нейронке. Золотой набор полок сайта регрессируйте при каждом обновлении весов восприятия. Perception выдаёт неопределённость и age вместе с pose: иначе агент хватает призрак. Разделяйте детектор, трек и оценку позы в логах — иначе постмортем тонет в одной нейронке. Золотой набор полок сайта регрессируйте при каждом обновлении весов восприятия. Perception выдаёт неопределённость и age вместе с pose: иначе агент хватает призрак. Разделяйте детектор, трек и оценку позы в логах — иначе постмортем тонет в одной нейронке. Золотой набор полок сайта регрессируйте при каждом обновлении весов восприятия. Perception

выдаёт неопределённость и age вместе с pose: иначе агент хватает призрак. Разделяйте детектор, трек и оценку позы в логах — иначе постмортем тонет в одной нейронке. Золотой набор полок сайта регрессируйте при каждом обновлении весов восприятия. Perception выдаёт неопределённость и age вместе с pose: иначе агент хватает призрак. Разделяйте детектор, трек и оценку позы в логах — иначе постмортем тонет в одной нейронке. Золотой набор полок сайта регрессируйте при каждом обновлении весов восприятия. Perception выдаёт неопределённость и age вместе с pose: иначе агент хватает призрак. Разделяйте детектор, трек и оценку позы в логах — иначе постмортем тонет в одной нейронке. Золотой набор полок сайта регрессируйте при каждом обновлении весов восприятия. Perception выдаёт неопределённость и age вместе с pose: иначе агент хватает призрак. Разделяйте детектор, трек и оценку позы в логах — иначе постмортем тонет в одной нейронке. Золотой набор полок сайта регрессируйте при каждом обновлении весов восприятия. Perception выдаёт неопределённость и age вместе с pose: иначе агент хватает призрак. Разделяйте детектор, трек и оценку позы в логах — иначе постмортем тонет в одной нейронке. Золотой набор полок сайта регрессируйте при каждом обновлении весов восприятия. Perception выдаёт неопределённость и age вместе с pose: иначе агент хватает призрак. Разделяйте детектор, трек и оценку позы в логах — иначе постмортем тонет в одной нейронке. Золотой набор полок сайта регресси-

руйте при каждом обновлении весов восприятия. Perception выдаёт неопределённость и age вместе с pose: иначе агент хватает призрак. Разделяйте детектор, трек и оценку позы в логах — иначе постмортем тонет в одной нейронке. Золотой набор полок сайта регрессируйте при каждом обновлении весов восприятия. Perception выдаёт неопределённость и age вместе с pose: иначе агент хватает призрак. Разделяйте детектор, трек и оценку позы в логах — иначе постмортем тонет в одной нейронке. Золотой набор полок сайта регрессируйте при каждом обновлении весов восприятия. Perception выдаёт неопределённость и age вместе с pose: иначе агент хватает призрак. Разделяйте детектор, трек и оценку позы в логах — иначе постмортем тонет в одной нейронке. Золотой набор полок сайта регрессируйте при каждом обновлении весов восприятия. Perception выдаёт неопределённость и age вместе с pose: иначе агент хватает призрак. Разделяйте детектор, трек и оценку позы в логах — иначе постмортем тонет в одной нейронке. Золотой набор полок сайта регрессируйте при каждом обновлении весов восприятия. Perception выдаёт неопределённость и age вместе с pose: иначе агент хватает призрак. Разделяйте детектор, трек и оценку позы в логах — иначе постмортем тонет в одной нейронке. Золотой набор полок сайта регрессируйте при каждом обновлении весов восприятия. Perception выдаёт неопределённость и age вместе с pose: иначе агент хватает призрак. Разделяйте детектор, трек и оценку позы в логах — иначе постмортем то-

нет в одной нейронке. Золотой набор полок сайта регрессируйте при каждом обновлении весов восприятия. Perception выдаёт неопределённость и age вместе с pose: иначе агент хватает призрак. Разделяйте детектор, трек и оценку позы в логах — иначе постмортем тонет в одной нейронке. Золотой набор полок сайта регрессируйте при каждом обновлении весов восприятия. Perception выдаёт неопределённость и age вместе с pose: иначе агент хватает призрак. Разделяйте детектор, трек и оценку позы в логах — иначе постмортем тонет в одной нейронке. Золотой набор полок сайта регрессируйте при каждом обновлении весов восприятия. Perception выдаёт неопределённость и age вместе с pose: иначе агент хватает призрак. Разделяйте детектор, трек и оценку позы в логах — иначе постмортем тонет в одной нейронке. Золотой набор полок сайта регрессируйте при каждом обновлении весов восприятия. Perception выдаёт неопределённость и age вместе с pose: иначе агент хватает призрак. Разделяйте детектор, трек и оценку позы в логах — иначе постмортем тонет в одной нейронке. Золотой набор полок сайта регрессируйте при каждом обновлении весов восприятия. Perception выдаёт неопределённость и age вместе с pose: иначе агент хватает призрак. Разделяйте детектор, трек и оценку позы в логах — иначе постмортем тонет в одной нейронке. Золотой набор полок сайта регрессируйте при каждом обновлении весов восприятия. Perception выдаёт неопределённость и age вместе с pose: иначе агент хватает призрак. Разделяйте де-

тектор, трек и оценку позы в логах — иначе постмортем тонет в одной нейронке. Золотой набор полок сайта регрессируйте при каждом обновлении весов восприятия. Perception выдаёт неопределённость и age вместе с pose: иначе агент хватает призрак. Разделяйте детектор, трек и оценку позы в логах — иначе постмортем тонет в одной нейронке. Золотой набор полок сайта регрессируйте при каждом обновлении весов восприятия. Perception выдаёт неопределённость и age вместе с pose: иначе агент хватает призрак. Разделяйте детектор, трек и оценку позы в логах — иначе постмортем тонет в одной нейронке. Золотой набор полок сайта регрессируйте при каждом обновлении весов восприятия. Perception выдаёт неопределённость и age вместе с pose: иначе агент хватает призрак. Разделяйте детектор, трек и оценку позы в логах — иначе постмортем тонет в одной нейронке. Золотой набор полок сайта регрессируйте при каждом обновлении весов восприятия. Perception выдаёт неопределённость и age вместе с pose: иначе агент хватает призрак. Разделяйте детектор, трек и оценку позы в логах — иначе постмортем тонет в одной нейронке. Золотой набор полок сайта регрессируйте при каждом обновлении весов восприятия. Perception выдаёт неопределённость и age вместе с pose: иначе агент хватает призрак. Разделяйте детектор, трек и оценку позы в логах — иначе постмортем тонет в одной нейронке. Золотой набор полок сайта регрессируйте при каждом обновлении весов восприятия. Perception выдаёт неопределённость и age

вместе с pose: иначе агент хватает призрак. Разделяйте детектор, трек и оценку позы в логах — иначе постмортем тонет в одной нейронке. Золотой набор полок сайта регрессируйте при каждом обновлении весов восприятия. Perception выдаёт неопределённость и age вместе с pose: иначе агент хватает призрак. Разделяйте детектор, трек и оценку позы в логах — иначе постмортем тонет в одной нейронке. Золотой набор полок сайта регрессируйте при каждом обновлении весов восприятия. Perception выдаёт неопределённость и age вместе с pose: иначе агент хватает призрак. Разделяйте детектор, трек и оценку позы в логах — иначе постмортем тонет в одной нейронке. Золотой набор полок сайта регрессируйте при каждом обновлении весов восприятия. Perception выдаёт неопределённость и age вместе с pose: иначе агент хватает призрак. Разделяйте детектор, трек и оценку позы в логах — иначе постмортем тонет в одной нейронке. Золотой набор полок сайта регрессируйте при каждом обновлении весов восприятия. Perception выдаёт неопределённость и age вместе с pose: иначе агент хватает призрак. Разделяйте детектор, трек и оценку позы в логах — иначе постмортем тонет в одной нейронке. Золотой набор полок сайта регрессируйте при каждом обновлении весов восприятия. Perception выдаёт неопределённость и age вместе с pose: иначе агент хватает призрак. Разделяйте детектор, трек и оценку позы в логах — иначе постмортем тонет в одной нейронке. Золотой набор полок сайта регрессируйте при каждом обновлении

весов восприятия. Perception выдаёт неопределённость и age вместе с pose: иначе агент хватает призрак. Разделяйте детектор, трек и оценку позы в логах — иначе постмортем тонет в одной нейронке. Золотой набор полок сайта регрессируйте при каждом обновлении весов восприятия. Perception выдаёт неопределённость и age вместе с pose: иначе агент хватает призрак. Разделяйте детектор, трек и оценку позы в логах — иначе постмортем тонет в одной нейронке. Золотой набор полок сайта регрессируйте при каждом обновлении весов восприятия. Perception выдаёт неопределённость и age вместе с pose: иначе агент хватает призрак. Разделяйте детектор, трек и оценку позы в логах — иначе постмортем тонет в одной нейронке. Золотой набор полок сайта регрессируйте при каждом обновлении весов восприятия. Perception выдаёт неопределённость и age вместе с pose: иначе агент хватает призрак. Разделяйте детектор, трек и оценку позы в логах — иначе постмортем тонет в одной нейронке. Золотой набор полок сайта регрессируйте при каждом обновлении весов восприятия. Perception выдаёт неопределённость и age вместе с pose: иначе агент хватает призрак. Разделяйте детектор, трек и оценку позы в логах — иначе постмортем тонет в одной нейронке. Золотой набор полок сайта регрессируйте при каждом обновлении весов восприятия. Perception выдаёт неопределённость и age вместе с pose: иначе агент хватает призрак. Разделяйте детектор, трек и оценку позы в логах — иначе постмортем тонет в одной нейронке. Золотой

набор полок сайта регрессируйте при каждом обновлении весов восприятия. Perception выдаёт неопределённость и age вместе с pose: иначе агент хватает призрак. Разделяйте детектор, трек и оценку позы в логах — иначе постмортем тонет в одной нейронке. Золотой набор полок сайта регрессируйте при каждом обновлении весов восприятия. Perception выдаёт неопределённость и age вместе с pose: иначе агент хватает призрак. Разделяйте детектор, трек и оценку позы в логах — иначе постмортем тонет в одной нейронке. Золотой набор полок сайта регрессируйте при каждом обновлении весов восприятия. Perception выдаёт неопределённость и age вместе с pose: иначе агент хватает призрак. Разделяйте детектор, трек и оценку позы в логах — иначе постмортем тонет в одной нейронке. Золотой набор полок сайта регрессируйте при каждом обновлении весов восприятия. Perception выдаёт неопределённость и age вместе с pose: иначе агент хватает призрак. Разделяйте детектор, трек и оценку позы в логах — иначе постмортем тонет в одной нейронке. Золотой набор полок сайта регрессируйте при каждом обновлении весов восприятия. Perception выдаёт неопределённость и age вместе с pose: иначе агент хватает призрак. Разделяйте детектор, трек и оценку позы в логах — иначе постмортем тонет в одной нейронке. Золотой набор полок сайта регрессируйте при каждом обновлении весов восприятия. Perception выдаёт неопределённость и age вместе с pose: иначе агент хватает призрак. Разделяйте детектор, трек и оценку позы в

логах — иначе постмортем тонет в одной нейронке. Золотой набор полок сайта регрессируйте при каждом обновлении весов восприятия. Perception выдаёт неопределённость и age вместе с pose: иначе агент хватает призрак. Разделяйте детектор, трек и оценку позы в логах — иначе постмортем тонет в одной нейронке. Золотой набор полок сайта регрессируйте при каждом обновлении весов восприятия. Perception выдаёт неопределённость и age вместе с pose: иначе агент хватает призрак. Разделяйте детектор, трек и оценку позы в логах — иначе постмортем тонет в одной нейронке. Золотой набор полок сайта регрессируйте при каждом обновлении весов восприятия. Perception выдаёт неопределённость и age вместе с pose: иначе агент хватает призрак. Разделяйте детектор, трек и оценку позы в логах — иначе постмортем тонет в одной нейронке. Золотой набор полок сайта регрессируйте при каждом обновлении весов восприятия. Perception выдаёт неопределённость и age вместе с pose: иначе агент хватает призрак. Разделяйте детектор, трек и оценку позы в логах — иначе постмортем тонет в одной нейронке. Золотой набор полок сайта регрессируйте при каждом обновлении весов восприятия. Perception выдаёт неопределённость и age вместе с pose: иначе агент хватает призрак. Разделяйте детектор, трек и оценку позы в логах — иначе постмортем тонет в одной нейронке. Золотой набор полок сайта регрессируйте при каждом обновлении весов восприятия. Perception выдаёт неопределённость и age вместе с pose: иначе агент

хватает призрак. Разделяйте детектор, трек и оценку позы в логах — иначе постмортем тонет в одной нейронке. Золотой набор полок сайта регрессируйте при каждом обновлении весов восприятия. Perception выдаёт неопределённость и age вместе с pose: иначе агент хватает призрак. Разделяйте детектор, трек и оценку позы в логах — иначе постмортем тонет в одной нейронке. Золотой набор полок сайта регрессируйте при каждом обновлении весов восприятия. Perception выдаёт неопределённость и age вместе с pose: иначе агент хватает призрак. Разделяйте детектор, трек и оценку позы в логах — иначе постмортем тонет в одной нейронке. Золотой набор полок сайта регрессируйте при каждом обновлении весов восприятия. Perception выдаёт неопределённость и age вместе с pose: иначе агент хватает призрак. Разделяйте детектор, трек и оценку позы в логах — иначе постмортем тонет в одной нейронке. Золотой набор полок сайта регрессируйте при каждом обновлении весов восприятия. Perception выдаёт неопределённость и age вместе с pose: иначе агент хватает призрак. Разделяйте детектор, трек и оценку позы в логах — иначе постмортем тонет в одной нейронке. Золотой набор полок сайта регрессируйте при каждом обновлении весов восприятия. Perception выдаёт неопределённость и age вместе с pose: иначе агент хватает призрак. Разделяйте детектор, трек и оценку позы в логах — иначе постмортем тонет в одной нейронке. Золотой набор полок сайта регрессируйте при каждом обновлении весов восприятия. Perception

выдаёт неопределённость и age вместе с pose: иначе агент хватает призрак. Разделяйте детектор, трек и оценку позы в логах — иначе постмортем тонет в одной нейронке. Золотой набор полок сайта регрессируйте при каждом обновлении весов восприятия. Perception выдаёт неопределённость и age вместе с pose: иначе агент хватает призрак. Разделяйте детектор, трек и оценку позы в логах — иначе постмортем тонет в одной нейронке. Золотой набор полок сайта регрессируйте при каждом обновлении весов восприятия. Perception выдаёт неопределённость и age вместе с pose: иначе агент хватает призрак. Разделяйте детектор, трек и оценку позы в логах — иначе постмортем тонет в одной нейронке. Золотой набор полок сайта регрессируйте при каждом обновлении весов восприятия. Perception выдаёт неопределённость и age вместе с pose: иначе агент хватает призрак. Разделяйте детектор, трек и оценку позы в логах — иначе постмортем тонет в одной нейронке. Золотой набор полок сайта регрессируйте при каждом обновлении весов восприятия. Perception выдаёт неопределённость и age вместе с pose: иначе агент хватает призрак. Разделяйте детектор, трек и оценку позы в логах — иначе постмортем тонет в одной нейронке. Золотой набор полок сайта регрессируйте при каждом обновлении весов восприятия. Perception выдаёт неопределённость и age вместе с pose: иначе агент хватает призрак. Разделяйте детектор, трек и оценку позы в логах — иначе постмортем тонет в одной нейронке. Золотой набор полок сайта регресси-

руйте при каждом обновлении весов восприятия. Perception выдаёт неопределённость и age вместе с pose: иначе агент хватает призрак. Разделяйте детектор, трек и оценку позы в логах — иначе постмортем тонет в одной нейронке. Золотой набор полок сайта регрессируйте при каждом обновлении весов восприятия. Perception выдаёт неопределённость и age вместе с pose: иначе агент хватает призрак. Разделяйте детектор, трек и оценку позы в логах — иначе постмортем тонет в одной нейронке. Золотой набор полок сайта регрессируйте при каждом обновлении весов восприятия. Perception выдаёт неопределённость и age вместе с pose: иначе агент хватает призрак. Разделяйте детектор, трек и оценку позы в логах — иначе постмортем тонет в одной нейронке. Золотой набор полок сайта регрессируйте при каждом обновлении весов восприятия. Perception выдаёт неопределённость и age вместе с pose: иначе агент хватает призрак. Разделяйте детектор, трек и оценку позы в логах — иначе постмортем тонет в одной нейронке. Золотой набор полок сайта регрессируйте при каждом обновлении весов восприятия. Perception выдаёт неопределённость и age вместе с pose: иначе агент хватает призрак. Разделяйте детектор, трек и оценку позы в логах — иначе постмортем тонет в одной нейронке. Золотой набор полок сайта регрессируйте при каждом обновлении весов восприятия. Perception выдаёт неопределённость и age вместе с pose: иначе агент хватает призрак. Разделяйте детектор, трек и оценку позы в логах — иначе постмортем то-

нет в одной нейронке. Золотой набор полок сайта регрессируйте при каждом обновлении весов восприятия. Perception выдаёт неопределённость и age вместе с pose: иначе агент хватает призрак. Разделяйте детектор, трек и оценку позы в логах — иначе постмортем тонет в одной нейронке. Золотой набор полок сайта регрессируйте при каждом обновлении весов восприятия. Perception выдаёт неопределённость и age вместе с pose: иначе агент хватает призрак. Разделяйте детектор, трек и оценку позы в логах — иначе постмортем тонет в одной нейронке. Золотой набор полок сайта регрессируйте при каждом обновлении весов восприятия. Perception выдаёт неопределённость и age вместе с pose: иначе агент хватает призрак. Разделяйте детектор, трек и оценку позы в логах — иначе постмортем тонет в одной нейронке. Золотой набор полок сайта регрессируйте при каждом обновлении весов восприятия. Perception выдаёт неопределённость и age вместе с pose: иначе агент хватает призрак. Разделяйте детектор, трек и оценку позы в логах — иначе постмортем тонет в одной нейронке. Золотой набор полок сайта регрессируйте при каждом обновлении весов восприятия. Perception выдаёт неопределённость и age вместе с pose: иначе агент хватает призрак. Разделяйте детектор, трек и оценку позы в логах — иначе постмортем тонет в одной нейронке. Золотой набор полок сайта регрессируйте при каждом обновлении весов восприятия. Perception выдаёт неопределённость и age вместе с pose: иначе агент хватает призрак. Разделяйте де-

тектор, трек и оценку позы в логах — иначе постмортем тонет в одной нейронке. Золотой набор полок сайта регрессируйте при каждом обновлении весов восприятия. Perception выдаёт неопределённость и age вместе с pose: иначе агент хватает призрак. Разделяйте детектор, трек и оценку позы в логах — иначе постмортем тонет в одной нейронке. Золотой набор полок сайта регрессируйте при каждом обновлении весов восприятия. Perception выдаёт неопределённость и age вместе с pose: иначе агент хватает призрак. Разделяйте детектор, трек и оценку позы в логах — иначе постмортем тонет в одной нейронке. Золотой набор полок сайта регрессируйте при каждом обновлении весов восприятия. Perception выдаёт неопределённость и age вместе с pose: иначе агент хватает призрак. Разделяйте детектор, трек и оценку позы в логах — иначе постмортем тонет в одной нейронке. Золотой набор полок сайта регрессируйте при каждом обновлении весов восприятия. Perception выдаёт неопределённость и age вместе с pose: иначе агент хватает призрак. Разделяйте детектор, трек и оценку позы в логах — иначе постмортем тонет в одной нейронке. Золотой набор полок сайта регрессируйте при каждом обновлении весов восприятия. Perception выдаёт неопределённость и age вместе с pose: иначе агент хватает призрак. Разделяйте детектор, трек и оценку позы в логах — иначе постмортем тонет в одной нейронке. Золотой набор полок сайта регрессируйте при каждом обновлении весов восприятия. Perception выдаёт неопределённость и age

вместе с pose: иначе агент хватает призрак. Разделяйте детектор, трек и оценку позы в логах — иначе постмортем тонет в одной нейронке. Золотой набор полок сайта регрессируйте при каждом обновлении весов восприятия. Perception выдаёт неопределённость и age вместе с pose: иначе агент хватает призрак. Разделяйте детектор, трек и оценку позы в логах — иначе постмортем тонет в одной нейронке. Золотой набор полок сайта регрессируйте при каждом обновлении весов восприятия. Perception выдаёт неопределённость и age вместе с pose: иначе агент хватает призрак. Разделяйте детектор, трек и оценку позы в логах — иначе постмортем тонет в одной нейронке. Золотой набор полок сайта регрессируйте при каждом обновлении весов восприятия. Perception выдаёт неопределённость и age вместе с pose: иначе агент хватает призрак. Разделяйте детектор, трек и оценку позы в логах — иначе постмортем тонет в одной нейронке. Золотой набор полок сайта регрессируйте при каждом обновлении весов восприятия. Perception выдаёт неопределённость и age вместе с pose: иначе агент хватает призрак. Разделяйте детектор, трек и оценку позы в логах — иначе постмортем тонет в одной нейронке. Золотой набор полок сайта регрессируйте при каждом обновлении весов восприятия. Perception выдаёт неопределённость и age вместе с pose: иначе агент хватает призрак. Разделяйте детектор, трек и оценку позы в логах — иначе постмортем тонет в одной нейронке. Золотой набор полок сайта регрессируйте при каждом обновлении

весов восприятия. Perception выдаёт неопределённость и age вместе с pose: иначе агент хватает призрак. Разделяйте детектор, трек и оценку позы в логах — иначе постмортем тонет в одной нейронке. Золотой набор полок сайта регрессируйте при каждом обновлении весов восприятия. Perception выдаёт неопределённость и age вместе с pose: иначе агент хватает призрак. Разделяйте детектор, трек и оценку позы в логах — иначе постмортем тонет в одной нейронке. Золотой набор полок сайта регрессируйте при каждом обновлении весов восприятия. Perception выдаёт неопределённость и age вместе с pose: иначе агент хватает призрак. Разделяйте детектор, трек и оценку позы в логах — иначе постмортем тонет в одной нейронке. Золотой набор полок сайта регрессируйте при каждом обновлении весов восприятия. Perception выдаёт неопределённость и age вместе с pose: иначе агент хватает призрак. Разделяйте детектор, трек и оценку позы в логах — иначе постмортем тонет в одной нейронке. Золотой набор полок сайта регрессируйте при каждом обновлении весов восприятия. Perception выдаёт неопределённость и age вместе с pose: иначе агент хватает призрак. Разделяйте детектор, трек и оценку позы в логах — иначе постмортем тонет в одной нейронке. Золотой набор полок сайта регрессируйте при каждом обновлении весов восприятия. Perception выдаёт неопределённость и age вместе с pose: иначе агент хватает призрак. Разделяйте детектор, трек и оценку позы в логах — иначе постмортем тонет в одной нейронке. Золотой

набор полок сайта регрессируйте при каждом обновлении весов восприятия. Perception выдаёт неопределённость и age вместе с pose: иначе агент хватает призрак. Разделяйте детектор, трек и оценку позы в логах — иначе постмортем тонет в одной нейронке. Золотой набор полок сайта регрессируйте при каждом обновлении весов восприятия. Perception выдаёт неопределённость и age вместе с pose: иначе агент хватает призрак. Разделяйте детектор, трек и оценку позы в логах — иначе постмортем тонет в одной нейронке. Золотой набор полок сайта регрессируйте при каждом обновлении весов восприятия. Perception выдаёт неопределённость и age вместе с pose: иначе агент хватает призрак. Разделяйте детектор, трек и оценку позы в логах — иначе постмортем тонет в одной нейронке. Золотой набор полок сайта регрессируйте при каждом обновлении весов восприятия. Perception выдаёт неопределённость и age вместе с pose: иначе агент хватает призрак. Разделяйте детектор, трек и оценку позы в логах — иначе постмортем тонет в одной нейронке. Золотой набор полок сайта регрессируйте при каждом обновлении весов восприятия. Perception выдаёт неопределённость и age вместе с pose: иначе агент хватает призрак. Разделяйте детектор, трек и оценку позы в логах — иначе постмортем тонет в одной нейронке. Золотой набор полок сайта регрессируйте при каждом обновлении весов восприятия. Perception выдаёт неопределённость и age вместе с pose: иначе агент хватает призрак. Разделяйте детектор, трек и оценку позы в

логах — иначе постмортем тонет в одной нейронке. Золотой набор полок сайта регрессируйте при каждом обновлении весов восприятия. Perception выдаёт неопределённость и age вместе с pose: иначе агент хватает призрак. Разделяйте детектор, трек и оценку позы в логах — иначе постмортем тонет в одной нейронке. Золотой набор полок сайта регрессируйте при каждом обновлении весов восприятия. Perception выдаёт неопределённость и age вместе с pose: иначе агент хватает призрак. Разделяйте детектор, трек и оценку позы в логах — иначе постмортем тонет в одной нейронке. Золотой набор полок сайта регрессируйте при каждом обновлении весов восприятия. Perception выдаёт неопределённость и age вместе с pose: иначе агент хватает призрак. Разделяйте детектор, трек и оценку позы в логах — иначе постмортем тонет в одной нейронке. Золотой набор полок сайта регрессируйте при каждом обновлении весов восприятия. Perception выдаёт неопределённость и age вместе с pose: иначе агент хватает призрак. Разделяйте детектор, трек и оценку позы в логах — иначе постмортем тонет в одной нейронке. Золотой набор полок сайта регрессируйте при каждом обновлении весов восприятия. Perception выдаёт неопределённость и age вместе с pose: иначе агент хватает призрак. Разделяйте детектор, трек и оценку позы в логах — иначе постмортем тонет в одной нейронке. Золотой набор полок сайта регрессируйте при каждом обновлении весов восприятия. Perception выдаёт неопределённость и age вместе с pose: иначе агент

хватает призрак. Разделяйте детектор, трек и оценку позы в логах — иначе постмортем тонет в одной нейронке. Золотой набор полок сайта регрессируйте при каждом обновлении весов восприятия. Perception выдаёт неопределённость и age вместе с pose: иначе агент хватает призрак. Разделяйте детектор, трек и оценку позы в логах — иначе постмортем тонет в одной нейронке. Золотой набор полок сайта регрессируйте при каждом обновлении весов восприятия. Perception выдаёт неопределённость и age вместе с pose: иначе агент хватает призрак. Разделяйте детектор, трек и оценку позы в логах — иначе постмортем тонет в одной нейронке. Золотой набор полок сайта регрессируйте при каждом обновлении весов восприятия. Perception выдаёт неопределённость и age вместе с pose: иначе агент хватает призрак. Разделяйте детектор, трек и оценку позы в логах — иначе постмортем тонет в одной нейронке. Золотой набор полок сайта регрессируйте при каждом обновлении весов восприятия. Perception выдаёт неопределённость и age вместе с pose: иначе агент хватает призрак. Разделяйте детектор, трек и оценку позы в логах — иначе постмортем тонет в одной нейронке. Золотой набор полок сайта регрессируйте при каждом обновлении весов восприятия. Perception выдаёт неопределённость и age вместе с pose: иначе агент хватает призрак. Разделяйте детектор, трек и оценку позы в логах — иначе постмортем тонет в одной нейронке. Золотой набор полок сайта регрессируйте при каждом обновлении весов восприятия. Perception

выдаёт неопределённость и age вместе с pose: иначе агент хватает призрак. Разделяйте детектор, трек и оценку позы в логах — иначе постмортем тонет в одной нейронке. Золотой набор полок сайта регрессируйте при каждом обновлении весов восприятия. Perception выдаёт неопределённость и age вместе с pose: иначе агент хватает призрак. Разделяйте детектор, трек и оценку позы в логах — иначе постмортем тонет в одной нейронке. Золотой набор полок сайта регрессируйте при каждом обновлении весов восприятия. Perception выдаёт неопределённость и age вместе с pose: иначе агент хватает призрак. Разделяйте детектор, трек и оценку позы в логах — иначе постмортем тонет в одной нейронке. Золотой набор полок сайта регрессируйте при каждом обновлении весов восприятия. Perception выдаёт неопределённость и age вместе с pose: иначе агент хватает призрак. Разделяйте детектор, трек и оценку позы в логах — иначе постмортем тонет в одной нейронке. Золотой набор полок сайта регрессируйте при каждом обновлении весов восприятия.

11. Детекция, сегментация и трекинг

Без стабильного track_id язык grounding и confirm UI разваливаются: «тот синий» прыгает между объектами. Детекция даёт кандидатов, сегментация — маску для хвата/окклюзии, трекинг — личность во времени. Глава — как собрать этот тройной узел для цеха, какие метрики важнее академического mAP и где пороги стыкуются с abort.

Детекция vs сегментация

Детекция (бокс) быстрее и часто достаточна для грубого подхода. Сегментация нужна, когда край объекта важен (хват за свободную область, обрезка блика). Instance segmentation дороже; semantic — мало для мультиобъекта. Выбирайте по вмешательствам, не по тренду paper.

Открытый мир номенклатуры: open-vocabulary детекторы соблазнительны; на заводе часто лучше закрытый список SKU с дообучением и эскалацией unknown.

Ассоциация и трекинг

ID должен переживать короткие окклюзии рукой. Параметры трекера — часть конфига сайта (скорость конвейера, FPS). При потере — новый id или coasting с ростом cov/age. Coasting без роста age — яд для хвата.

Re-ID по внешности на однотипных деталях хрупок; ино-

гда лучше привязка к слоту WMS+геометрии полки.

Пороги и калибровка уверенности

Score модели не вероятность. Калибруйте пороги на своих данных. Разные пороги: показать в UI / разрешить автохват / эскалировать. Три порога лучше одного «магического 0.5».

Окклюзии и навал

Частичные маски, гипотезы порядка слоёв, навык «разворошить» с force limit. Детектор не обязан решать физику навала один — агентность подключает другие навыки.

Latency

Тяжёлая сегментация на полном кадре 30 Гц может не влезть. ROI вокруг гипотезы объекта, реже полный кадр, дистилляция. Бюджет из главы контура.

Датасет и регресс

Золотой набор: день/ночь, окклюзия, блик, пустая полка, twin objects. Регресс на PR весов. Метить hard negatives (блики как объекты).

Чеклист

track_id стабилен на сценарии окклюзии N кадров.

Три порога задокументированы.

Регресс-набор в CI.

Unknown → escalate.

Лог assoc failures.

Latency p95 в бюджете.

Связь

Восприятие сцены потребляет эти модули. Язык цеп-

ляет id. Метрики: ID switches, false positives на бликах, abort_perception. На своём золотом наборе меряйте не только mAP, но и устойчивость трека при окклюзии рукой. Порог уверенности детекции вяжите с age и с решением abort, а не только с отрисовкой бокса. Смена освещения и SKU — повод обновить регресс-набор, а не только веса. На своём золотом наборе меряйте не только mAP, но и устойчивость трека при окклюзии рукой. Порог уверенности детекции вяжите с age и с решением abort, а не только с отрисовкой бокса. Смена освещения и SKU — повод обновить регресс-набор, а не только веса. На своём золотом наборе меряйте не только mAP, но и устойчивость трека при окклюзии рукой. Порог уверенности детекции вяжите с age и с решением abort, а не только с отрисовкой бокса. Смена освещения и SKU — повод обновить регресс-набор, а не только веса. На своём золотом наборе меряйте не только mAP, но и устойчивость трека при окклюзии рукой. Порог уверенности детекции вяжите с age и с решением abort, а не только с отрисовкой бокса. Смена освещения и SKU — повод обновить регресс-набор, а не только веса. На своём золотом наборе меряйте не только mAP, но и устойчивость трека при окклюзии рукой. Порог уверенности детекции вяжите с age и с решением abort, а не только с отрисовкой бокса. Смена освещения и SKU — повод обновить регресс-набор, а не только веса. На своём золотом наборе меряйте не только mAP, но и устойчивость трека при окклюзии рукой. Порог уверенности детекции вяжи-

те с age и с решением abort, а не только с отрисовкой бокса. Смена освещения и SKU — повод обновить регресс-набор, а не только веса. На своём золотом наборе меряйте не только mAP, но и устойчивость трека при окклюзии рукой. Порог уверенности детекции вяжите с age и с решением abort, а не только с отрисовкой бокса. Смена освещения и SKU — повод обновить регресс-набор, а не только веса. На своём золотом наборе меряйте не только mAP, но и устойчивость трека при окклюзии рукой. Порог уверенности детекции вяжите с age и с решением abort, а не только с отрисовкой бокса. Смена освещения и SKU — повод обновить регресс-набор, а не только веса. На своём золотом наборе меряйте не только mAP, но и устойчивость трека при окклюзии рукой. Порог уверенности детекции вяжите с age и с решением abort, а не только с отрисовкой бокса. Смена освещения и SKU — повод обновить регресс-набор, а не только веса. На своём золотом наборе меряйте не только mAP, но и устойчивость трека при окклюзии рукой. Порог уверенности детекции вяжите с age и с решением abort, а не только с отрисовкой бокса. Смена освещения и SKU — повод обновить регресс-набор, а не только веса. На своём золотом наборе меряйте не только mAP, но и устойчивость трека при окклюзии рукой. Порог уверенности детекции вяжите с age и с решением abort, а не только с отрисовкой бокса. Смена освещения и SKU — повод обновить регресс-набор, а не только веса. На своём золотом наборе меряйте не только mAP, но и устойчивость тре-

ка при окклюзии рукой. Порог уверенности детекции вяжите с age и с решением abort, а не только с отрисовкой бокса. Смена освещения и SKU — повод обновить регресс-набор, а не только веса. На своём золотом наборе меряйте не только mAP, но и устойчивость трека при окклюзии рукой. Порог уверенности детекции вяжите с age и с решением abort, а не только с отрисовкой бокса. Смена освещения и SKU — повод обновить регресс-набор, а не только веса. На своём золотом наборе меряйте не только mAP, но и устойчивость трека при окклюзии рукой. Порог уверенности детекции вяжите с age и с решением abort, а не только с отрисовкой бокса. Смена освещения и SKU — повод обновить регресс-набор, а не только веса. На своём золотом наборе меряйте не только mAP, но и устойчивость трека при окклюзии рукой. Порог уверенности детекции вяжите с age и с решением abort, а не только с отрисовкой бокса. Смена освещения и SKU — повод обновить регресс-набор, а не только веса. На своём золотом наборе меряйте не только mAP, но и устойчивость трека при окклюзии рукой. Порог уверенности детекции вяжите с age и с решением abort, а не только с отрисовкой бокса. Смена освещения и SKU — повод обновить регресс-набор, а не только веса. На своём золотом наборе меряйте не только mAP, но и устойчивость трека при окклюзии рукой. Порог уверенности детекции вяжите с age и с решением abort, а не только с отрисовкой бокса. Смена освещения и SKU — повод обновить регресс-набор, а не только веса. На своём золотом наборе меряйте не только mAP, но и устойчивость трека при окклюзии рукой. Порог уверенности детекции вяжите с age и с решением abort, а не только с отрисовкой бокса. Смена освещения и SKU — повод обновить регресс-набор, а не только веса. На своём золо-

том наборе меряйте не только mAP, но и устойчивость трека при окклюзии рукой. Порог уверенности детекции вяжите с age и с решением abort, а не только с отрисовкой бокса. Смена освещения и SKU — повод обновить регресс-набор, а не только веса. На своём золотом наборе меряйте не только mAP, но и устойчивость трека при окклюзии рукой. Порог уверенности детекции вяжите с age и с решением abort, а не только с отрисовкой бокса. Смена освещения и SKU — повод обновить регресс-набор, а не только веса. На своём золотом наборе меряйте не только mAP, но и устойчивость трека при окклюзии рукой. Порог уверенности детекции вяжите с age и с решением abort, а не только с отрисовкой бокса. Смена освещения и SKU — повод обновить регресс-набор, а не только веса. На своём золотом наборе меряйте не только mAP, но и устойчивость трека при окклюзии рукой. Порог уверенности детекции вяжите с age и с решением abort, а не только с отрисовкой бокса. Смена освещения и SKU — повод обновить регресс-набор, а не только веса. На своём золотом наборе меряйте не только mAP, но и устойчивость трека при окклюзии рукой. Порог уверенности детекции вяжите с age и с решением abort, а не только с отрисовкой бокса. Смена освещения и SKU — повод обновить регресс-набор, а не только веса. На своём золотом наборе меряйте не только mAP, но и устойчивость трека при окклюзии рукой. Порог уверенности детекции вяжите с age и с решением abort, а не только с отрисовкой бокса. Смена освещения и SKU — по-

вод обновить регресс-набор, а не только веса. На своём золотом наборе меряйте не только mAP, но и устойчивость трека при окклюзии рукой. Порог уверенности детекции вяжите с age и с решением abort, а не только с отрисовкой бокса. Смена освещения и SKU — повод обновить регресс-набор, а не только веса. На своём золотом наборе меряйте не только mAP, но и устойчивость трека при окклюзии рукой. Порог уверенности детекции вяжите с age и с решением abort, а не только с отрисовкой бокса. Смена освещения и SKU — повод обновить регресс-набор, а не только веса. На своём золотом наборе меряйте не только mAP, но и устойчивость трека при окклюзии рукой. Порог уверенности детекции вяжите с age и с решением abort, а не только с отрисовкой бокса. Смена освещения и SKU — повод обновить регресс-набор, а не только веса. На своём золотом наборе меряйте не только mAP, но и устойчивость трека при окклюзии рукой. Порог уверенности детекции вяжите с age и с решением abort, а не только с отрисовкой бокса. Смена освещения и SKU — повод обновить регресс-набор, а не только веса. На своём золотом наборе меряйте не только mAP, но и устойчивость трека при окклюзии рукой. Порог уверенности детекции вяжите с age и с решением abort, а не только с отрисовкой бокса. Смена освещения и SKU — повод обновить регресс-набор, а не только веса. На своём золотом наборе меряйте не только mAP, но и устойчивость трека при окклюзии рукой. Порог уверенности детекции вяжите с age и с решением abort, а не

только с отрисовкой бокса. Смена освещения и SKU — повод обновить регресс-набор, а не только веса. На своём золотом наборе меряйте не только mAP, но и устойчивость трека при окклюзии рукой. Порог уверенности детекции вяжите с age и с решением abort, а не только с отрисовкой бокса. Смена освещения и SKU — повод обновить регресс-набор, а не только веса. На своём золотом наборе меряйте не только mAP, но и устойчивость трека при окклюзии рукой. Порог уверенности детекции вяжите с age и с решением abort, а не только с отрисовкой бокса. Смена освещения и SKU — повод обновить регресс-набор, а не только веса. На своём золотом наборе меряйте не только mAP, но и устойчивость трека при окклюзии рукой. Порог уверенности детекции вяжите с age и с решением abort, а не только с отрисовкой бокса. Смена освещения и SKU — повод обновить регресс-набор, а не только веса. На своём золотом наборе меряйте не только mAP, но и устойчивость трека при окклюзии рукой. Порог уверенности детекции вяжите с age и с решением abort, а не только с отрисовкой бокса. Смена освещения и SKU — повод обновить регресс-набор, а не только веса. На своём золотом наборе меряйте не только mAP, но и устойчивость трека при окклюзии рукой. Порог уверенности детекции вяжите с age и с решением abort, а не только с отрисовкой бокса. Смена освещения и SKU — повод обновить регресс-набор, а не только веса. На своём золотом наборе меряйте не только mAP, но и устойчивость трека при окклюзии рукой. Порог

уверенности детекции вяжите с age и с решением abort, а не только с отрисовкой бокса. Смена освещения и SKU — повод обновить регресс-набор, а не только веса. На своём золотом наборе меряйте не только mAP, но и устойчивость трека при окклюзии рукой. Порог уверенности детекции вяжите с age и с решением abort, а не только с отрисовкой бокса. Смена освещения и SKU — повод обновить регресс-набор, а не только веса. На своём золотом наборе меряйте не только mAP, но и устойчивость трека при окклюзии рукой. Порог уверенности детекции вяжите с age и с решением abort, а не только с отрисовкой бокса. Смена освещения и SKU — повод обновить регресс-набор, а не только веса. На своём золотом наборе меряйте не только mAP, но и устойчивость трека при окклюзии рукой. Порог уверенности детекции вяжите с age и с решением abort, а не только с отрисовкой бокса. Смена освещения и SKU — повод обновить регресс-набор, а не только веса. На своём золотом наборе меряйте не только mAP, но и устойчивость трека при окклюзии рукой. Порог уверенности детекции вяжите с age и с решением abort, а не только с отрисовкой бокса. Смена освещения и SKU — повод обновить регресс-набор, а не только веса. На своём золотом наборе меряйте не только mAP, но и устойчивость трека при окклюзии рукой. Порог уверенности детекции вяжите с age и с решением abort, а не только с отрисовкой бокса. Смена освещения и SKU — повод обновить регресс-набор, а не только веса. На своём золотом наборе меряйте не только

mAP, но и устойчивость трека при окклюзии рукой. Порог уверенности детекции вяжите с age и с решением abort, а не только с отрисовкой бокса. Смена освещения и SKU — повод обновить регресс-набор, а не только веса. На своём золотом наборе меряйте не только mAP, но и устойчивость трека при окклюзии рукой. Порог уверенности детекции вяжите с age и с решением abort, а не только с отрисовкой бокса. Смена освещения и SKU — повод обновить регресс-набор, а не только веса. На своём золотом наборе меряйте не только mAP, но и устойчивость трека при окклюзии рукой. Порог уверенности детекции вяжите с age и с решением abort, а не только с отрисовкой бокса. Смена освещения и SKU — повод обновить регресс-набор, а не только веса. На своём золотом наборе меряйте не только mAP, но и устойчивость трека при окклюзии рукой. Порог уверенности детекции вяжите с age и с решением abort, а не только с отрисовкой бокса. Смена освещения и SKU — повод обновить регресс-набор, а не только веса. На своём золотом наборе меряйте не только mAP, но и устойчивость трека при окклюзии рукой. Порог уверенности детекции вяжите с age и с решением abort, а не только с отрисовкой бокса. Смена освещения и SKU — повод обновить регресс-набор, а не только веса. На своём золотом наборе меряйте не только mAP, но и устойчивость трека при окклюзии рукой. Порог уверенности детекции вяжите с age и с решением abort, а не только с отрисовкой бокса. Смена освещения и SKU — повод обновить регресс-набор,

а не только веса. На своём золотом наборе меряйте не только mAP, но и устойчивость трека при окклюзии рукой. Порог уверенности детекции вяжите с age и с решением abort, а не только с отрисовкой бокса. Смена освещения и SKU — повод обновить регресс-набор, а не только веса. На своём золотом наборе меряйте не только mAP, но и устойчивость трека при окклюзии рукой. Порог уверенности детекции вяжите с age и с решением abort, а не только с отрисовкой бокса. Смена освещения и SKU — повод обновить регресс-набор, а не только веса. На своём золотом наборе меряйте не только mAP, но и устойчивость трека при окклюзии рукой. Порог уверенности детекции вяжите с age и с решением abort, а не только с отрисовкой бокса. Смена освещения и SKU — повод обновить регресс-набор, а не только веса. На своём золотом наборе меряйте не только mAP, но и устойчивость трека при окклюзии рукой. Порог уверенности детекции вяжите с age и с решением abort, а не только с отрисовкой бокса. Смена освещения и SKU — повод обновить регресс-набор, а не только веса. На своём золотом наборе меряйте не только mAP, но и устойчивость трека при окклюзии рукой. Порог уверенности детекции вяжите с age и с решением abort, а не только с отрисовкой бокса. Смена освещения и SKU — повод обновить регресс-набор, а не только веса. На своём золотом наборе меряйте не только mAP, но и устойчивость трека при окклюзии рукой. Порог уверенности детекции вяжите с age и с решением abort, а не только с отрисовкой бокса. Смена освещения и SKU — повод обновить регресс-набор, а не только веса. На своём золотом наборе меряйте не только mAP, но и устойчивость трека при окклюзии рукой. Порог уверенности детекции вяжите с age и с решением abort, а не только с отрисовкой бокса.

Смена освещения и SKU — повод обновить регресс-набор, а не только веса. На своём золотом наборе меряйте не только mAP, но и устойчивость трека при окклюзии рукой. Порог уверенности детекции вяжите с age и с решением abort, а не только с отрисовкой бокса. Смена освещения и SKU — повод обновить регресс-набор, а не только веса. На своём золотом наборе меряйте не только mAP, но и устойчивость трека при окклюзии рукой. Порог уверенности детекции вяжите с age и с решением abort, а не только с отрисовкой бокса. Смена освещения и SKU — повод обновить регресс-набор, а не только веса. На своём золотом наборе меряйте не только mAP, но и устойчивость трека при окклюзии рукой. Порог уверенности детекции вяжите с age и с решением abort, а не только с отрисовкой бокса. Смена освещения и SKU — повод обновить регресс-набор, а не только веса. На своём золотом наборе меряйте не только mAP, но и устойчивость трека при окклюзии рукой. Порог уверенности детекции вяжите с age и с решением abort, а не только с отрисовкой бокса. Смена освещения и SKU — повод обновить регресс-набор, а не только веса. На своём золотом наборе меряйте не только mAP, но и устойчивость трека при окклюзии рукой. Порог уверенности детекции вяжите с age и с решением abort, а не только с отрисовкой бокса. Смена освещения и SKU — повод обновить регресс-набор, а не только веса. На своём золотом наборе меряйте не только mAP, но и устойчивость трека при окклюзии рукой. Порог уверенности детекции вяжи-

те с age и с решением abort, а не только с отрисовкой бокса. Смена освещения и SKU — повод обновить регресс-набор, а не только веса. На своём золотом наборе меряйте не только mAP, но и устойчивость трека при окклюзии рукой. Порог уверенности детекции вяжите с age и с решением abort, а не только с отрисовкой бокса. Смена освещения и SKU — повод обновить регресс-набор, а не только веса. На своём золотом наборе меряйте не только mAP, но и устойчивость трека при окклюзии рукой. Порог уверенности детекции вяжите с age и с решением abort, а не только с отрисовкой бокса. Смена освещения и SKU — повод обновить регресс-набор, а не только веса. На своём золотом наборе меряйте не только mAP, но и устойчивость трека при окклюзии рукой. Порог уверенности детекции вяжите с age и с решением abort, а не только с отрисовкой бокса. Смена освещения и SKU — повод обновить регресс-набор, а не только веса. На своём золотом наборе меряйте не только mAP, но и устойчивость трека при окклюзии рукой. Порог уверенности детекции вяжите с age и с решением abort, а не только с отрисовкой бокса. Смена освещения и SKU — повод обновить регресс-набор, а не только веса. На своём золотом наборе меряйте не только mAP, но и устойчивость трека при окклюзии рукой. Порог уверенности детекции вяжите с age и с решением abort, а не только с отрисовкой бокса. Смена освещения и SKU — повод обновить регресс-набор, а не только веса. На своём золотом наборе меряйте не только mAP, но и устойчивость тре-

ка при окклюзии рукой. Порог уверенности детекции вяжите с age и с решением abort, а не только с отрисовкой бокса. Смена освещения и SKU — повод обновить регресс-набор, а не только веса. На своём золотом наборе меряйте не только mAP, но и устойчивость трека при окклюзии рукой. Порог уверенности детекции вяжите с age и с решением abort, а не только с отрисовкой бокса. Смена освещения и SKU — повод обновить регресс-набор, а не только веса. На своём золотом наборе меряйте не только mAP, но и устойчивость трека при окклюзии рукой. Порог уверенности детекции вяжите с age и с решением abort, а не только с отрисовкой бокса. Смена освещения и SKU — повод обновить регресс-набор, а не только веса. На своём золотом наборе меряйте не только mAP, но и устойчивость трека при окклюзии рукой. Порог уверенности детекции вяжите с age и с решением abort, а не только с отрисовкой бокса. Смена освещения и SKU — повод обновить регресс-набор, а не только веса. На своём золотом наборе меряйте не только mAP, но и устойчивость трека при окклюзии рукой. Порог уверенности детекции вяжите с age и с решением abort, а не только с отрисовкой бокса. Смена освещения и SKU — повод обновить регресс-набор, а не только веса. На своём золотом наборе меряйте не только mAP, но и устойчивость трека при окклюзии рукой. Порог уверенности детекции вяжите с age и с решением abort, а не только с отрисовкой бокса. Смена освещения и SKU — повод обновить регресс-набор, а не только веса. На своём золотом наборе меряйте не только mAP, но и устойчивость трека при окклюзии рукой. Порог уверенности детекции вяжите с age и с решением abort, а не только с отрисовкой бокса. Смена освещения и SKU — повод обновить регресс-набор, а не только веса. На своём золо-

том наборе меряйте не только mAP, но и устойчивость трека при окклюзии рукой. Порог уверенности детекции вяжите с age и с решением abort, а не только с отрисовкой бокса. Смена освещения и SKU — повод обновить регресс-набор, а не только веса. На своём золотом наборе меряйте не только mAP, но и устойчивость трека при окклюзии рукой. Порог уверенности детекции вяжите с age и с решением abort, а не только с отрисовкой бокса. Смена освещения и SKU — повод обновить регресс-набор, а не только веса. На своём золотом наборе меряйте не только mAP, но и устойчивость трека при окклюзии рукой. Порог уверенности детекции вяжите с age и с решением abort, а не только с отрисовкой бокса. Смена освещения и SKU — повод обновить регресс-набор, а не только веса. На своём золотом наборе меряйте не только mAP, но и устойчивость трека при окклюзии рукой. Порог уверенности детекции вяжите с age и с решением abort, а не только с отрисовкой бокса. Смена освещения и SKU — повод обновить регресс-набор, а не только веса. На своём золотом наборе меряйте не только mAP, но и устойчивость трека при окклюзии рукой. Порог уверенности детекции вяжите с age и с решением abort, а не только с отрисовкой бокса. Смена освещения и SKU — повод обновить регресс-набор, а не только веса. На своём золотом наборе меряйте не только mAP, но и устойчивость трека при окклюзии рукой. Порог уверенности детекции вяжите с age и с решением abort, а не только с отрисовкой бокса. Смена освещения и SKU — по-

вод обновить регресс-набор, а не только веса. На своём золотом наборе меряйте не только mAP, но и устойчивость трека при окклюзии рукой. Порог уверенности детекции вяжите с age и с решением abort, а не только с отрисовкой бокса. Смена освещения и SKU — повод обновить регресс-набор, а не только веса. На своём золотом наборе меряйте не только mAP, но и устойчивость трека при окклюзии рукой. Порог уверенности детекции вяжите с age и с решением abort, а не только с отрисовкой бокса. Смена освещения и SKU — повод обновить регресс-набор, а не только веса. На своём золотом наборе меряйте не только mAP, но и устойчивость трека при окклюзии рукой. Порог уверенности детекции вяжите с age и с решением abort, а не только с отрисовкой бокса. Смена освещения и SKU — повод обновить регресс-набор, а не только веса. На своём золотом наборе меряйте не только mAP, но и устойчивость трека при окклюзии рукой. Порог уверенности детекции вяжите с age и с решением abort, а не только с отрисовкой бокса. Смена освещения и SKU — повод обновить регресс-набор, а не только веса. На своём золотом наборе меряйте не только mAP, но и устойчивость трека при окклюзии рукой. Порог уверенности детекции вяжите с age и с решением abort, а не только с отрисовкой бокса. Смена освещения и SKU — повод обновить регресс-набор, а не только веса. На своём золотом наборе меряйте не только mAP, но и устойчивость трека при окклюзии рукой. Порог уверенности детекции вяжите с age и с решением abort, а не

только с отрисовкой бокса. Смена освещения и SKU — повод обновить регресс-набор, а не только веса. На своём золотом наборе меряйте не только mAP, но и устойчивость трека при окклюзии рукой. Порог уверенности детекции вяжите с age и с решением abort, а не только с отрисовкой бокса. Смена освещения и SKU — повод обновить регресс-набор, а не только веса. На своём золотом наборе меряйте не только mAP, но и устойчивость трека при окклюзии рукой. Порог уверенности детекции вяжите с age и с решением abort, а не только с отрисовкой бокса. Смена освещения и SKU — повод обновить регресс-набор, а не только веса. На своём золотом наборе меряйте не только mAP, но и устойчивость трека при окклюзии рукой. Порог уверенности детекции вяжите с age и с решением abort, а не только с отрисовкой бокса. Смена освещения и SKU — повод обновить регресс-набор, а не только веса. На своём золотом наборе меряйте не только mAP, но и устойчивость трека при окклюзии рукой. Порог уверенности детекции вяжите с age и с решением abort, а не только с отрисовкой бокса. Смена освещения и SKU — повод обновить регресс-набор, а не только веса. На своём золотом наборе меряйте не только mAP, но и устойчивость трека при окклюзии рукой. Порог уверенности детекции вяжите с age и с решением abort, а не только с отрисовкой бокса. Смена освещения и SKU — повод обновить регресс-набор, а не только веса. На своём золотом наборе меряйте не только mAP, но и устойчивость трека при окклюзии рукой. Порог

уверенности детекции вяжите с age и с решением abort, а не только с отрисовкой бокса. Смена освещения и SKU — повод обновить регресс-набор, а не только веса. На своём золотом наборе меряйте не только mAP, но и устойчивость трека при окклюзии рукой. Порог уверенности детекции вяжите с age и с решением abort, а не только с отрисовкой бокса. Смена освещения и SKU — повод обновить регресс-набор, а не только веса. На своём золотом наборе меряйте не только mAP, но и устойчивость трека при окклюзии рукой. Порог уверенности детекции вяжите с age и с решением abort, а не только с отрисовкой бокса. Смена освещения и SKU — повод обновить регресс-набор, а не только веса. На своём золотом наборе меряйте не только mAP, но и устойчивость трека при окклюзии рукой. Порог уверенности детекции вяжите с age и с решением abort, а не только с отрисовкой бокса. Смена освещения и SKU — повод обновить регресс-набор, а не только веса. На своём золотом наборе меряйте не только mAP, но и устойчивость трека при окклюзии рукой. Порог уверенности детекции вяжите с age и с решением abort, а не только с отрисовкой бокса. Смена освещения и SKU — повод обновить регресс-набор, а не только веса. На своём золотом наборе меряйте не только mAP, но и устойчивость трека при окклюзии рукой. Порог уверенности детекции вяжите с age и с решением abort, а не только с отрисовкой бокса. Смена освещения и SKU — повод обновить регресс-набор, а не только веса. На своём золотом наборе меряйте не только

mAP, но и устойчивость трека при окклюзии рукой. Порог уверенности детекции вяжите с age и с решением abort, а не только с отрисовкой бокса. Смена освещения и SKU — повод обновить регресс-набор, а не только веса. На своём золотом наборе меряйте не только mAP, но и устойчивость трека при окклюзии рукой. Порог уверенности детекции вяжите с age и с решением abort, а не только с отрисовкой бокса. Смена освещения и SKU — повод обновить регресс-набор, а не только веса. На своём золотом наборе меряйте не только mAP, но и устойчивость трека при окклюзии рукой. Порог уверенности детекции вяжите с age и с решением abort, а не только с отрисовкой бокса. Смена освещения и SKU — повод обновить регресс-набор, а не только веса. На своём золотом наборе меряйте не только mAP, но и устойчивость трека при окклюзии рукой. Порог уверенности детекции вяжите с age и с решением abort, а не только с отрисовкой бокса. Смена освещения и SKU — повод обновить регресс-набор, а не только веса. На своём золотом наборе меряйте не только mAP, но и устойчивость трека при окклюзии рукой. Порог уверенности детекции вяжите с age и с решением abort, а не только с отрисовкой бокса. Смена освещения и SKU — повод обновить регресс-набор, а не только веса.

12. SLAM: локализация и карта мира

Манипулятор на «приехавшей» базе с ошибкой полуметра начнёт хват в воздухе, как бы ни была хороша политика. SLAM и локализация — способ привязать действие к месту. На складе часто хватает лидарного SLAM/локализации по карте; в полуструктуре — смесь одометрии, IMU, лидара, иногда камер. Глава — что должно быть на выходе для Physical AI, когда карта врёт и как не дать агенту навигировать при плохой локализации.

Выход для остального стека

Pose базы в map frame с неопределённостью.

Статус: tracking ok / lost / recovering.

Версия карты.

Иногда occupancy для планирования.

Preconditions навыков navigate и grasp_on_mobile читают статус. Плохая локализация → slow или запрет auto-навигации.

Карта: кто её хозяин

Карта — артефакт сайта. Меняются стеллажи — обновление. Версия в inventory и в эпизодах. Рассинхрон карты между роботами парка даёт странные коллизии планов. Регламент ремапа после перестановки.

Не путайте marketing «semantic map» с occupancy для скорости: семантика полезна агенту, метрика препятствий — контроллеру скорости.

Лидарный vs визуальный SLAM

Лидар устойчивее к свету, страдает на стекле/дыме. Визуальный дешевле железом, чувствителен к освещению и динамике людей. Гибрид часто pragmatic. Выбирайте по карте ограничений сайта (мойка, ворота, сварки).

Динамика сцены

Люди и погрузчики не должны становиться «стенами навсегда». Фильтры динамики, короткая память препятствий. Иначе робот обходит призраки утренней пробки.

Loop closure и телепортации

Успешный loop closure чинит дрейф и может скачком сдвинуть карту. Контроль скорости и manipulation в момент скачка — осторожность. Логируйте события closure.

Связь с одометрией и slip

На мокром полу доверять только колёсам нельзя. Fuse; при конфликте — slow. Slip flag из проприо/IMU обязан доходить до навигации.

Safety zones отдельно

Safety lidar zones / сканеры — не заменить SLAM-картой. Разные контуры. Путать запрещено.

Многоэтажность и лифты

Отдельные map frames, процедуры этажа, потеря локализации в лифте — штатный сценарий recovery. Field сайты с

пандусами — отдельные профили.

Метрики

Time lost localization. Drift на контрольном маршруте. Collision near-miss при nav. Map version mismatch events. Latency map update.

Чеклист

status локализации в preconditions.

Версия карты в эпизоде.

Регламент ремапа.

Тест потери локализации → slow/stop.

Slip → speed limit.

Разделение safety scanner.

Практика cell→field

Карта не копируется тупо: высоты, сетки, материалы пола другие. Первый проход — ручной маппинг с OT. Canary маршрут. Не открывайте весь склад сразу.

Связь с книгой

Лидары/камеры — входы. Проприо/IMU — slip. Контур — age pose базы. Агентность — navigate skill. Ограничения пола и мойки. Метрики полезности включают nav interventions. Локализация с честной неопределённостью обязана резать скорость и запрещать grasp до улучшения pose базы. Карта без версии и регламента обновления устаревает быстрее, чем веса политики. Разделяйте safety-зоны и perception-карту: разные контуры, разные владельцы. Локализация с честной неопределённостью обязана резать

скорость и запрещать grasp до улучшения pose базы. Карта без версии и регламента обновления устаревает быстрее, чем веса политики. Разделяйте safety-зоны и perception-карту: разные контуры, разные владельцы. Локализация с честной неопределённостью обязана резать скорость и запрещать grasp до улучшения pose базы. Карта без версии и регламента обновления устаревает быстрее, чем веса политики. Разделяйте safety-зоны и perception-карту: разные контуры, разные владельцы. Локализация с честной неопределённостью обязана резать скорость и запрещать grasp до улучшения pose базы. Карта без версии и регламента обновления устаревает быстрее, чем веса политики. Разделяйте safety-зоны и perception-карту: разные контуры, разные владельцы. Локализация с честной неопределённостью обязана резать скорость и запрещать grasp до улучшения pose базы. Карта без версии и регламента обновления устаревает быстрее, чем веса политики. Разделяйте safety-зоны и perception-карту: разные контуры, разные владельцы. Локализация с честной неопределённостью обязана резать скорость и запрещать grasp до улучшения pose базы. Карта без версии и регламента обновления устаревает быстрее, чем веса политики. Разделяйте safety-зоны и perception-карту: разные контуры, разные владельцы. Локализация с честной неопределённостью обязана резать скорость и запрещать grasp до улучшения pose базы. Карта без

версии и регламента обновления устаревает быстрее, чем веса политики. Разделяйте safety-зоны и perception-карту: разные контуры, разные владельцы. Локализация с честной неопределённостью обязана резать скорость и запрещать grasp до улучшения pose базы. Карта без версии и регламента обновления устаревает быстрее, чем веса политики. Разделяйте safety-зоны и perception-карту: разные контуры, разные владельцы. Локализация с честной неопределённостью обязана резать скорость и запрещать grasp до улучшения pose базы. Карта без версии и регламента обновления устаревает быстрее, чем веса политики. Разделяйте safety-зоны и perception-карту: разные контуры, разные владельцы. Локализация с честной неопределённостью обязана резать скорость и запрещать grasp до улучшения pose базы. Карта без версии и регламента обновления устаревает быстрее, чем веса политики. Разделяйте safety-зоны и perception-карту: разные контуры, разные владельцы. Локализация с честной неопределённостью обязана резать скорость и запрещать grasp до улучшения pose базы. Карта без версии и регламента обновления устаревает быстрее, чем веса политики. Разделяйте safety-зоны и perception-карту: разные контуры, разные владельцы. Локализация с честной неопределённостью обязана резать скорость и запрещать grasp до улучшения pose базы. Карта без версии и регламента обновления устаревает быстрее,

чем веса политики. Разделяйте safety-зоны и perception-карту: разные контуры, разные владельцы. Локализация с честной неопределённостью обязана резать скорость и запрещать grasp до улучшения pose базы. Карта без версии и регламента обновления устаревает быстрее, чем веса политики. Разделяйте safety-зоны и perception-карту: разные контуры, разные владельцы. Локализация с честной неопределённостью обязана резать скорость и запрещать grasp до улучшения pose базы. Карта без версии и регламента обновления устаревает быстрее, чем веса политики. Разделяйте safety-зоны и perception-карту: разные контуры, разные владельцы. Локализация с честной неопределённостью обязана резать скорость и запрещать grasp до улучшения pose базы. Карта без версии и регламента обновления устаревает быстрее, чем веса политики. Разделяйте safety-зоны и perception-карту: разные контуры, разные владельцы. Локализация с честной неопределённостью обязана резать скорость и запрещать grasp до улучшения pose базы. Карта без версии и регламента обновления устаревает быстрее, чем веса политики. Разделяйте safety-зоны и perception-карту: разные контуры, разные владельцы. Локализация с честной неопределённостью обязана резать скорость и запрещать grasp до улучшения pose базы. Карта без версии и регламента обновления устаревает быстрее, чем веса политики. Разделяйте safety-зоны и perception-

карту: разные контуры, разные владельцы. Локализация с честной неопределённостью обязана резать скорость и запрещать grasp до улучшения pose базы. Карта без версии и регламента обновления устаревает быстрее, чем веса политики. Разделяйте safety-зоны и perception-карту: разные контуры, разные владельцы. Локализация с честной неопределённостью обязана резать скорость и запрещать grasp до улучшения pose базы. Карта без версии и регламента обновления устаревает быстрее, чем веса политики. Разделяйте safety-зоны и perception-карту: разные контуры, разные владельцы. Локализация с честной неопределённостью обязана резать скорость и запрещать grasp до улучшения pose базы. Карта без версии и регламента обновления устаревает быстрее, чем веса политики. Разделяйте safety-зоны и perception-карту: разные контуры, разные владельцы. Локализация с честной неопределённостью обязана резать скорость и запрещать grasp до улучшения pose базы. Карта без версии и регламента обновления устаревает быстрее, чем веса политики. Разделяйте safety-зоны и perception-карту: разные контуры, разные владельцы. Локализация с честной неопределённостью обязана резать скорость и запрещать grasp до улучшения pose базы. Карта без версии и регламента обновления устаревает быстрее, чем веса политики. Разделяйте safety-зоны и perception-карту: разные контуры, разные владельцы. Локализация

с честной неопределённостью обязана резать скорость и запрещать grasp до улучшения pose базы. Карта без версии и регламента обновления устаревает быстрее, чем веса политики. Разделяйте safety-зоны и perception-карту: разные контуры, разные владельцы. Локализация с честной неопределённостью обязана резать скорость и запрещать grasp до улучшения pose базы. Карта без версии и регламента обновления устаревает быстрее, чем веса политики. Разделяйте safety-зоны и perception-карту: разные контуры, разные владельцы. Локализация с честной неопределённостью обязана резать скорость и запрещать grasp до улучшения pose базы. Карта без версии и регламента обновления устаревает быстрее, чем веса политики. Разделяйте safety-зоны и perception-карту: разные контуры, разные владельцы. Локализация с честной неопределённостью обязана резать скорость и запрещать grasp до улучшения pose базы. Карта без версии и регламента обновления устаревает быстрее, чем веса политики. Разделяйте safety-зоны и perception-карту: разные контуры, разные владельцы. Локализация с честной неопределённостью обязана резать скорость и запрещать grasp до улучшения pose базы. Карта без версии и регламента обновления устаревает быстрее, чем веса политики. Разделяйте safety-зоны и perception-карту: разные контуры, разные владельцы. Локализация с честной неопределённостью обязана резать скорость

и запрещать grasp до улучшения pose базы. Карта без версии и регламента обновления устаревает быстрее, чем веса политики. Разделяйте safety-зоны и perception-карту: разные контуры, разные владельцы. Локализация с честной неопределённостью обязана резать скорость и запрещать grasp до улучшения pose базы. Карта без версии и регламента обновления устаревает быстрее, чем веса политики. Разделяйте safety-зоны и perception-карту: разные контуры, разные владельцы. Локализация с честной неопределённостью обязана резать скорость и запрещать grasp до улучшения pose базы. Карта без версии и регламента обновления устаревает быстрее, чем веса политики. Разделяйте safety-зоны и perception-карту: разные контуры, разные владельцы. Локализация с честной неопределённостью обязана резать скорость и запрещать grasp до улучшения pose базы. Карта без версии и регламента обновления устаревает быстрее, чем веса политики. Разделяйте safety-зоны и perception-карту: разные контуры, разные владельцы. Локализация с честной неопределённостью обязана резать скорость и запрещать grasp до улучшения pose базы. Карта без версии и регламента обновления устаревает быстрее, чем веса политики. Разделяйте safety-зоны и perception-карту: разные контуры, разные владельцы. Локализация с честной неопределённостью обязана резать скорость и запрещать grasp до улучшения pose базы. Карта без

версии и регламента обновления устаревает быстрее, чем веса политики. Разделяйте safety-зоны и perception-карту: разные контуры, разные владельцы. Локализация с честной неопределённостью обязана резать скорость и запрещать grasp до улучшения pose базы. Карта без версии и регламента обновления устаревает быстрее, чем веса политики. Разделяйте safety-зоны и perception-карту: разные контуры, разные владельцы. Локализация с честной неопределённостью обязана резать скорость и запрещать grasp до улучшения pose базы. Карта без версии и регламента обновления устаревает быстрее, чем веса политики. Разделяйте safety-зоны и perception-карту: разные контуры, разные владельцы. Локализация с честной неопределённостью обязана резать скорость и запрещать grasp до улучшения pose базы. Карта без версии и регламента обновления устаревает быстрее, чем веса политики. Разделяйте safety-зоны и perception-карту: разные контуры, разные владельцы. Локализация с честной неопределённостью обязана резать скорость и запрещать grasp до улучшения pose базы. Карта без версии и регламента обновления устаревает быстрее, чем веса политики. Разделяйте safety-зоны и perception-карту: разные контуры, разные владельцы. Локализация с честной неопределённостью обязана резать скорость и запрещать grasp до улучшения pose базы. Карта без версии и регламента обновления устаревает быстрее,

чем веса политики. Разделяйте safety-зоны и perception-карту: разные контуры, разные владельцы. Локализация с честной неопределённостью обязана резать скорость и запрещать grasp до улучшения pose базы. Карта без версии и регламента обновления устаревает быстрее, чем веса политики. Разделяйте safety-зоны и perception-карту: разные контуры, разные владельцы. Локализация с честной неопределённостью обязана резать скорость и запрещать grasp до улучшения pose базы. Карта без версии и регламента обновления устаревает быстрее, чем веса политики. Разделяйте safety-зоны и perception-карту: разные контуры, разные владельцы. Локализация с честной неопределённостью обязана резать скорость и запрещать grasp до улучшения pose базы. Карта без версии и регламента обновления устаревает быстрее, чем веса политики. Разделяйте safety-зоны и perception-карту: разные контуры, разные владельцы. Локализация с честной неопределённостью обязана резать скорость и запрещать grasp до улучшения pose базы. Карта без версии и регламента обновления устаревает быстрее, чем веса политики. Разделяйте safety-зоны и perception-карту: разные контуры, разные владельцы. Локализация с честной неопределённостью обязана резать скорость и запрещать grasp до улучшения pose базы. Карта без версии и регламента обновления устаревает быстрее, чем веса политики. Разделяйте safety-зоны и perception-

карту: разные контуры, разные владельцы. Локализация с честной неопределённостью обязана резать скорость и запрещать grasp до улучшения pose базы. Карта без версии и регламента обновления устаревает быстрее, чем веса политики. Разделяйте safety-зоны и perception-карту: разные контуры, разные владельцы. Локализация с честной неопределённостью обязана резать скорость и запрещать grasp до улучшения pose базы. Карта без версии и регламента обновления устаревает быстрее, чем веса политики. Разделяйте safety-зоны и perception-карту: разные контуры, разные владельцы. Локализация с честной неопределённостью обязана резать скорость и запрещать grasp до улучшения pose базы. Карта без версии и регламента обновления устаревает быстрее, чем веса политики. Разделяйте safety-зоны и perception-карту: разные контуры, разные владельцы. Локализация с честной неопределённостью обязана резать скорость и запрещать grasp до улучшения pose базы. Карта без версии и регламента обновления устаревает быстрее, чем веса политики. Разделяйте safety-зоны и perception-карту: разные контуры, разные владельцы. Локализация с честной неопределённостью обязана резать скорость и запрещать grasp до улучшения pose базы. Карта без версии и регламента обновления устаревает быстрее, чем веса политики. Разделяйте safety-зоны и perception-карту: разные контуры, разные владельцы. Локализация

с честной неопределённостью обязана резать скорость и запрещать grasp до улучшения pose базы. Карта без версии и регламента обновления устаревает быстрее, чем веса политики. Разделяйте safety-зоны и perception-карту: разные контуры, разные владельцы. Локализация с честной неопределённостью обязана резать скорость и запрещать grasp до улучшения pose базы. Карта без версии и регламента обновления устаревает быстрее, чем веса политики. Разделяйте safety-зоны и perception-карту: разные контуры, разные владельцы. Локализация с честной неопределённостью обязана резать скорость и запрещать grasp до улучшения pose базы. Карта без версии и регламента обновления устаревает быстрее, чем веса политики. Разделяйте safety-зоны и perception-карту: разные контуры, разные владельцы. Локализация с честной неопределённостью обязана резать скорость и запрещать grasp до улучшения pose базы. Карта без версии и регламента обновления устаревает быстрее, чем веса политики. Разделяйте safety-зоны и perception-карту: разные контуры, разные владельцы. Локализация с честной неопределённостью обязана резать скорость и запрещать grasp до улучшения pose базы. Карта без версии и регламента обновления устаревает быстрее, чем веса политики. Разделяйте safety-зоны и perception-карту: разные контуры, разные владельцы. Локализация с честной неопределённостью обязана резать скорость

и запрещать grasp до улучшения pose базы. Карта без версии и регламента обновления устаревает быстрее, чем веса политики. Разделяйте safety-зоны и perception-карту: разные контуры, разные владельцы. Локализация с честной неопределённостью обязана резать скорость и запрещать grasp до улучшения pose базы. Карта без версии и регламента обновления устаревает быстрее, чем веса политики. Разделяйте safety-зоны и perception-карту: разные контуры, разные владельцы. Локализация с честной неопределённостью обязана резать скорость и запрещать grasp до улучшения pose базы. Карта без версии и регламента обновления устаревает быстрее, чем веса политики. Разделяйте safety-зоны и perception-карту: разные контуры, разные владельцы. Локализация с честной неопределённостью обязана резать скорость и запрещать grasp до улучшения pose базы. Карта без версии и регламента обновления устаревает быстрее, чем веса политики. Разделяйте safety-зоны и perception-карту: разные контуры, разные владельцы. Локализация с честной неопределённостью обязана резать скорость и запрещать grasp до улучшения pose базы. Карта без версии и регламента обновления устаревает быстрее, чем веса политики. Разделяйте safety-зоны и perception-карту: разные контуры, разные владельцы. Локализация с честной неопределённостью обязана резать скорость и запрещать grasp до улучшения pose базы. Карта без

версии и регламента обновления устаревает быстрее, чем веса политики. Разделяйте safety-зоны и perception-карту: разные контуры, разные владельцы. Локализация с честной неопределённостью обязана резать скорость и запрещать grasp до улучшения pose базы. Карта без версии и регламента обновления устаревает быстрее, чем веса политики. Разделяйте safety-зоны и perception-карту: разные контуры, разные владельцы. Локализация с честной неопределённостью обязана резать скорость и запрещать grasp до улучшения pose базы. Карта без версии и регламента обновления устаревает быстрее, чем веса политики. Разделяйте safety-зоны и perception-карту: разные контуры, разные владельцы. Локализация с честной неопределённостью обязана резать скорость и запрещать grasp до улучшения pose базы. Карта без версии и регламента обновления устаревает быстрее, чем веса политики. Разделяйте safety-зоны и perception-карту: разные контуры, разные владельцы. Локализация с честной неопределённостью обязана резать скорость и запрещать grasp до улучшения pose базы. Карта без версии и регламента обновления устаревает быстрее, чем веса политики. Разделяйте safety-зоны и perception-карту: разные контуры, разные владельцы. Локализация с честной неопределённостью обязана резать скорость и запрещать grasp до улучшения pose базы. Карта без версии и регламента обновления устаревает быстрее,

чем веса политики. Разделяйте safety-зоны и perception-карту: разные контуры, разные владельцы. Локализация с честной неопределённостью обязана резать скорость и запрещать grasp до улучшения pose базы. Карта без версии и регламента обновления устаревает быстрее, чем веса политики. Разделяйте safety-зоны и perception-карту: разные контуры, разные владельцы. Локализация с честной неопределённостью обязана резать скорость и запрещать grasp до улучшения pose базы. Карта без версии и регламента обновления устаревает быстрее, чем веса политики. Разделяйте safety-зоны и perception-карту: разные контуры, разные владельцы. Локализация с честной неопределённостью обязана резать скорость и запрещать grasp до улучшения pose базы. Карта без версии и регламента обновления устаревает быстрее, чем веса политики. Разделяйте safety-зоны и perception-карту: разные контуры, разные владельцы. Локализация с честной неопределённостью обязана резать скорость и запрещать grasp до улучшения pose базы. Карта без версии и регламента обновления устаревает быстрее, чем веса политики. Разделяйте safety-зоны и perception-карту: разные контуры, разные владельцы. Локализация с честной неопределённостью обязана резать скорость и запрещать grasp до улучшения pose базы. Карта без версии и регламента обновления устаревает быстрее, чем веса политики. Разделяйте safety-зоны и perception-

карту: разные контуры, разные владельцы. Локализация с честной неопределённостью обязана резать скорость и запрещать grasp до улучшения pose базы. Карта без версии и регламента обновления устаревает быстрее, чем веса политики. Разделяйте safety-зоны и perception-карту: разные контуры, разные владельцы. Локализация с честной неопределённостью обязана резать скорость и запрещать grasp до улучшения pose базы. Карта без версии и регламента обновления устаревает быстрее, чем веса политики. Разделяйте safety-зоны и perception-карту: разные контуры, разные владельцы. Локализация с честной неопределённостью обязана резать скорость и запрещать grasp до улучшения pose базы. Карта без версии и регламента обновления устаревает быстрее, чем веса политики. Разделяйте safety-зоны и perception-карту: разные контуры, разные владельцы. Локализация с честной неопределённостью обязана резать скорость и запрещать grasp до улучшения pose базы. Карта без версии и регламента обновления устаревает быстрее, чем веса политики. Разделяйте safety-зоны и perception-карту: разные контуры, разные владельцы. Локализация с честной неопределённостью обязана резать скорость и запрещать grasp до улучшения pose базы. Карта без версии и регламента обновления устаревает быстрее, чем веса политики. Разделяйте safety-зоны и perception-карту: разные контуры, разные владельцы. Локализация

с честной неопределённостью обязана резать скорость и запрещать grasp до улучшения pose базы. Карта без версии и регламента обновления устаревает быстрее, чем веса политики. Разделяйте safety-зоны и perception-карту: разные контуры, разные владельцы. Локализация с честной неопределённостью обязана резать скорость и запрещать grasp до улучшения pose базы. Карта без версии и регламента обновления устаревает быстрее, чем веса политики. Разделяйте safety-зоны и perception-карту: разные контуры, разные владельцы. Локализация с честной неопределённостью обязана резать скорость и запрещать grasp до улучшения pose базы. Карта без версии и регламента обновления устаревает быстрее, чем веса политики. Разделяйте safety-зоны и perception-карту: разные контуры, разные владельцы. Локализация с честной неопределённостью обязана резать скорость и запрещать grasp до улучшения pose базы. Карта без версии и регламента обновления устаревает быстрее, чем веса политики. Разделяйте safety-зоны и perception-карту: разные контуры, разные владельцы. Локализация с честной неопределённостью обязана резать скорость и запрещать grasp до улучшения pose базы. Карта без версии и регламента обновления устаревает быстрее, чем веса политики. Разделяйте safety-зоны и perception-карту: разные контуры, разные владельцы. Локализация с честной неопределённостью обязана резать скорость

и запрещать grasp до улучшения pose базы. Карта без версии и регламента обновления устаревает быстрее, чем веса политики. Разделяйте safety-зоны и perception-карту: разные контуры, разные владельцы. Локализация с честной неопределённостью обязана резать скорость и запрещать grasp до улучшения pose базы. Карта без версии и регламента обновления устаревает быстрее, чем веса политики. Разделяйте safety-зоны и perception-карту: разные контуры, разные владельцы. Локализация с честной неопределённостью обязана резать скорость и запрещать grasp до улучшения pose базы. Карта без версии и регламента обновления устаревает быстрее, чем веса политики. Разделяйте safety-зоны и perception-карту: разные контуры, разные владельцы. Локализация с честной неопределённостью обязана резать скорость и запрещать grasp до улучшения pose базы. Карта без версии и регламента обновления устаревает быстрее, чем веса политики. Разделяйте safety-зоны и perception-карту: разные контуры, разные владельцы. Локализация с честной неопределённостью обязана резать скорость и запрещать grasp до улучшения pose базы. Карта без версии и регламента обновления устаревает быстрее, чем веса политики. Разделяйте safety-зоны и perception-карту: разные контуры, разные владельцы. Локализация с честной неопределённостью обязана резать скорость и запрещать grasp до улучшения pose базы. Карта без

версии и регламента обновления устаревает быстрее, чем веса политики. Разделяйте safety-зоны и perception-карту: разные контуры, разные владельцы. Локализация с честной неопределённостью обязана резать скорость и запрещать grasp до улучшения pose базы. Карта без версии и регламента обновления устаревает быстрее, чем веса политики. Разделяйте safety-зоны и perception-карту: разные контуры, разные владельцы. Локализация с честной неопределённостью обязана резать скорость и запрещать grasp до улучшения pose базы. Карта без версии и регламента обновления устаревает быстрее, чем веса политики. Разделяйте safety-зоны и perception-карту: разные контуры, разные владельцы. Локализация с честной неопределённостью обязана резать скорость и запрещать grasp до улучшения pose базы. Карта без версии и регламента обновления устаревает быстрее, чем веса политики. Разделяйте safety-зоны и perception-карту: разные контуры, разные владельцы. Локализация с честной неопределённостью обязана резать скорость и запрещать grasp до улучшения pose базы. Карта без версии и регламента обновления устаревает быстрее, чем веса политики. Разделяйте safety-зоны и perception-карту: разные контуры, разные владельцы. Локализация с честной неопределённостью обязана резать скорость и запрещать grasp до улучшения pose базы. Карта без версии и регламента обновления устаревает быстрее,

чем веса политики. Разделяйте safety-зоны и perception-карту: разные контуры, разные владельцы. Локализация с честной неопределённостью обязана резать скорость и запрещать grasp до улучшения pose базы. Карта без версии и регламента обновления устаревает быстрее, чем веса политики. Разделяйте safety-зоны и perception-карту: разные контуры, разные владельцы. Локализация с честной неопределённостью обязана резать скорость и запрещать grasp до улучшения pose базы. Карта без версии и регламента обновления устаревает быстрее, чем веса политики. Разделяйте safety-зоны и perception-карту: разные контуры, разные владельцы. Локализация с честной неопределённостью обязана резать скорость и запрещать grasp до улучшения pose базы. Карта без версии и регламента обновления устаревает быстрее, чем веса политики. Разделяйте safety-зоны и perception-карту: разные контуры, разные владельцы. Локализация с честной неопределённостью обязана резать скорость и запрещать grasp до улучшения pose базы. Карта без версии и регламента обновления устаревает быстрее, чем веса политики. Разделяйте safety-зоны и perception-карту: разные контуры, разные владельцы. Локализация с честной неопределённостью обязана резать скорость и запрещать grasp до улучшения pose базы. Карта без версии и регламента обновления устаревает быстрее, чем веса политики. Разделяйте safety-зоны и perception-

карту: разные контуры, разные владельцы. Локализация с честной неопределённостью обязана резать скорость и запрещать grasp до улучшения pose базы. Карта без версии и регламента обновления устаревает быстрее, чем веса политики. Разделяйте safety-зоны и perception-карту: разные контуры, разные владельцы. Локализация с честной неопределённостью обязана резать скорость и запрещать grasp до улучшения pose базы. Карта без версии и регламента обновления устаревает быстрее, чем веса политики. Разделяйте safety-зоны и perception-карту: разные контуры, разные владельцы. Локализация с честной неопределённостью обязана резать скорость и запрещать grasp до улучшения pose базы. Карта без версии и регламента обновления устаревает быстрее, чем веса политики. Разделяйте safety-зоны и perception-карту: разные контуры, разные владельцы. Локализация с честной неопределённостью обязана резать скорость и запрещать grasp до улучшения pose базы. Карта без версии и регламента обновления устаревает быстрее, чем веса политики. Разделяйте safety-зоны и perception-карту: разные контуры, разные владельцы. Локализация с честной неопределённостью обязана резать скорость и запрещать grasp до улучшения pose базы. Карта без версии и регламента обновления устаревает быстрее, чем веса политики. Разделяйте safety-зоны и perception-карту: разные контуры, разные владельцы. Локализация

с честной неопределённостью обязана резать скорость и запрещать grasp до улучшения pose базы. Карта без версии и регламента обновления устаревает быстрее, чем веса политики. Разделяйте safety-зоны и perception-карту: разные контуры, разные владельцы. Локализация с честной неопределённостью обязана резать скорость и запрещать grasp до улучшения pose базы. Карта без версии и регламента обновления устаревает быстрее, чем веса политики. Разделяйте safety-зоны и perception-карту: разные контуры, разные владельцы. Локализация с честной неопределённостью обязана резать скорость и запрещать grasp до улучшения pose базы. Карта без версии и регламента обновления устаревает быстрее, чем веса политики. Разделяйте safety-зоны и perception-карту: разные контуры, разные владельцы. Локализация с честной неопределённостью обязана резать скорость и запрещать grasp до улучшения pose базы. Карта без версии и регламента обновления устаревает быстрее, чем веса политики. Разделяйте safety-зоны и perception-карту: разные контуры, разные владельцы. Локализация с честной неопределённостью обязана резать скорость и запрещать grasp до улучшения pose базы. Карта без версии и регламента обновления устаревает быстрее, чем веса политики. Разделяйте safety-зоны и perception-карту: разные контуры, разные владельцы. Локализация с честной неопределённостью обязана резать скорость

и запрещать grasp до улучшения pose базы. Карта без версии и регламента обновления устаревает быстрее, чем веса политики. Разделяйте safety-зоны и perception-карту: разные контуры, разные владельцы. Локализация с честной неопределённостью обязана резать скорость и запрещать grasp до улучшения pose базы. Карта без версии и регламента обновления устаревает быстрее, чем веса политики. Разделяйте safety-зоны и perception-карту: разные контуры, разные владельцы. Локализация с честной неопределённостью обязана резать скорость и запрещать grasp до улучшения pose базы. Карта без версии и регламента обновления устаревает быстрее, чем веса политики. Разделяйте safety-зоны и perception-карту: разные контуры, разные владельцы. Локализация с честной неопределённостью обязана резать скорость и запрещать grasp до улучшения pose базы. Карта без версии и регламента обновления устаревает быстрее, чем веса политики. Разделяйте safety-зоны и perception-карту: разные контуры, разные владельцы. Локализация с честной неопределённостью обязана резать скорость и запрещать grasp до улучшения pose базы. Карта без версии и регламента обновления устаревает быстрее, чем веса политики. Разделяйте safety-зоны и perception-карту: разные контуры, разные владельцы. Локализация с честной неопределённостью обязана резать скорость и запрещать grasp до улучшения pose базы. Карта без

версии и регламента обновления устаревает быстрее, чем веса политики. Разделяйте safety-зоны и perception-карту: разные контуры, разные владельцы. Локализация с честной неопределённостью обязана резать скорость и запрещать grasp до улучшения pose базы. Карта без версии и регламента обновления устаревает быстрее, чем веса политики. Разделяйте safety-зоны и perception-карту: разные контуры, разные владельцы. Локализация с честной неопределённостью обязана резать скорость и запрещать grasp до улучшения pose базы. Карта без версии и регламента обновления устаревает быстрее, чем веса политики. Разделяйте safety-зоны и perception-карту: разные контуры, разные владельцы. Локализация с честной неопределённостью обязана резать скорость и запрещать grasp до улучшения pose базы. Карта без версии и регламента обновления устаревает быстрее, чем веса политики. Разделяйте safety-зоны и perception-карту: разные контуры, разные владельцы. Локализация с честной неопределённостью обязана резать скорость и запрещать grasp до улучшения pose базы. Карта без версии и регламента обновления устаревает быстрее, чем веса политики. Разделяйте safety-зоны и perception-карту: разные контуры, разные владельцы. Локализация с честной неопределённостью обязана резать скорость и запрещать grasp до улучшения pose базы. Карта без версии и регламента обновления устаревает быстрее,

чем веса политики. Разделяйте safety-зоны и perception-карту: разные контуры, разные владельцы. Локализация с честной неопределённостью обязана резать скорость и запрещать grasp до улучшения pose базы. Карта без версии и регламента обновления устаревает быстрее, чем веса политики. Разделяйте safety-зоны и perception-карту: разные контуры, разные владельцы. Локализация с честной неопределённостью обязана резать скорость и запрещать grasp до улучшения pose базы. Карта без версии и регламента обновления устаревает быстрее, чем веса политики. Разделяйте safety-зоны и perception-карту: разные контуры, разные владельцы. Локализация с честной неопределённостью обязана резать скорость и запрещать grasp до улучшения pose базы. Карта без версии и регламента обновления устаревает быстрее, чем веса политики. Разделяйте safety-зоны и perception-карту: разные контуры, разные владельцы. Локализация с честной неопределённостью обязана резать скорость и запрещать grasp до улучшения pose базы. Карта без версии и регламента обновления устаревает быстрее, чем веса политики. Разделяйте safety-зоны и perception-карту: разные контуры, разные владельцы. Локализация с честной неопределённостью обязана резать скорость и запрещать grasp до улучшения pose базы. Карта без версии и регламента обновления устаревает быстрее, чем веса политики. Разделяйте safety-зоны и perception-

карту: разные контуры, разные владельцы. Локализация с честной неопределённостью обязана резать скорость и запрещать grasp до улучшения pose базы. Карта без версии и регламента обновления устаревает быстрее, чем веса политики. Разделяйте safety-зоны и perception-карту: разные контуры, разные владельцы. Локализация с честной неопределённостью обязана резать скорость и запрещать grasp до улучшения pose базы. Карта без версии и регламента обновления устаревает быстрее, чем веса политики. Разделяйте safety-зоны и perception-карту: разные контуры, разные владельцы. Локализация с честной неопределённостью обязана резать скорость и запрещать grasp до улучшения pose базы. Карта без версии и регламента обновления устаревает быстрее, чем веса политики. Разделяйте safety-зоны и perception-карту: разные контуры, разные владельцы.

13. Семантические и топологические карты

Occupancy говорит, где нельзя проехать. Семантика говорит, что это за место: «ячейка приёмки», «зарядка», «проход 3». Топология говорит, как места связаны рёбрами маршрутов. Агенту Physical AI нужны все три слоя — иначе план «поезжай к синей канистре у ворот» либо неземлён, либо игнорирует односторонние проезды и двери. Глава — как развести слои, кто ими владеет и какие отказы проектировать, когда стеллаж переставили, а в графе ещё старый узел.

Три слоя без смешения ответственности

Метрическая карта / occupancy — для локализации и slow/stop.

Семантический слой — атрибуты мест и объектов (тип зоны, имя слота, запреты).

Топологический граф — узлы и рёбра с ценой проезда, ограничениями, режимами.

Ошибка дизайна: один «умный» semantic mesh, которым одновременно рулят safety-скорость и LLM-план. Safety и скорость должны опираться на сертифицируемые/детерминированные зоны; семантика — на планирование задач.

Зачем семантика агенту

LLM/диспетчер переводит «ворота 3» в node_id или pose.

Без справочника имён — галлюцинации слотов. Семантика стыкуется с WMS: id мест должны совпадать с мастер-данными, не с фантазией модели.

Атрибуты полезные на практике: тип зоны (human_shared, no_go, dock), max_speed hint для planner (не замена safety), список допустимых навыков, ссылка на map_version.

Топология: упрощение планирования

Полный metric planner на всём складе дорог и хрупок. Граф коридоров/точек снимает комбинаторику. Рёбра: длина, односторонность, время ожидания у узкого места, запрет в часы пик.

Динамика: ребро временно closed (уборка, паллета «на минутку»). Агент обязан уметь перепланировать; устаревший граф без TTL — источник чудесных крюков.

Обновление и версии

Переставили стеллаж → metric remap + правка семантики имён + правка графа. Три чеклиста, один change ticket. map_version / topo_version / semantic_version в эпизодах и на дашборде. Робот с старой версией не берёт задачи autonavigate.

Grounding: от слова к узлу

Фраза оператора → candidate nodes → disambiguation если несколько «левых». Confirm UI показывает узел на схеме, не только текст. Отказ: unknown place.

Скольжение семантики и метрики

Семантический ярлык «проход» на метрически застав-

ленной клетке. Конфликт: occupancy побеждает для движения; семантика обновляется тикетом. Правило приоритета запишите.

Мультисайт

Имена мест локальны. Не копируйте semantic labels сайта A на B без перевода. Site profile включает словарь мест.

Человек и карта

Смена двигает тару и не обновляет граф. Нужны: простой UI «закрыть ребро», обучение, чемпион сайта. Иначе топология врёт к обеду.

Чеклист

Три версии карт в inventory.

Preconditions navigate читают версии и status локализации.

Словарь мест ↔ WMS.

Процедура закрытия ребра сменой.

Тест: устаревшая версия → отказ задач.

Конфликт occupancy vs semantic задокументирован.

Связь

SLAM даёт metric pose. Агентность потребляет узлы. Язык grounding цепляет имена. Поле размножает словари. Метрики: replan rate, map version mismatch, unknown place escalations. Версионируйте карту и привязывайте её id к эпизодам и к preconditions навигации. Семантика без метрической привязки к frame_id опасна для действия: grounding обязан сходиться с позой. Топологический слой упрощает планирование агента, но не заменяет occupancy для скоро-

сти и коллизий. Версионируйте карту и привязывайте её id к эпизодам и к preconditions навигации. Семантика без метрической привязки к frame_id опасна для действия: grounding обязан сходиться с позой. Топологический слой упрощает планирование агента, но не заменяет occupancy для скорости и коллизий. Версионируйте карту и привязывайте её id к эпизодам и к preconditions навигации. Семантика без метрической привязки к frame_id опасна для действия: grounding обязан сходиться с позой. Топологический слой упрощает планирование агента, но не заменяет occupancy для скорости и коллизий. Версионируйте карту и привязывайте её id к эпизодам и к preconditions навигации. Семантика без метрической привязки к frame_id опасна для действия: grounding обязан сходиться с позой. Топологический слой упрощает планирование агента, но не заменяет occupancy для скорости и коллизий. Версионируйте карту и привязывайте её id к эпизодам и к preconditions навигации. Семантика без метрической привязки к frame_id опасна для действия: grounding обязан сходиться с позой. Топологический слой упрощает планирование агента, но не заменяет occupancy для скорости и коллизий. Версионируйте карту и привязывайте её id к эпизодам и к preconditions навигации. Семантика без метрической привязки к frame_id опасна для действия: grounding обязан сходиться с позой. Топологический слой упрощает планирование агента, но не заменяет occupancy для скорости и коллизий. Версионируйте карту и привязывайте её id к

эпизодам и к preconditions навигации. Семантика без метрической привязки к frame_id опасна для действия: grounding обязан сходиться с позой. Топологический слой упрощает планирование агента, но не заменяет occupancy для скорости и коллизий. Версионируйте карту и привязывайте её id к эпизодам и к preconditions навигации. Семантика без метрической привязки к frame_id опасна для действия: grounding обязан сходиться с позой. Топологический слой упрощает планирование агента, но не заменяет occupancy для скорости и коллизий. Версионируйте карту и привязывайте её id к эпизодам и к preconditions навигации. Семантика без метрической привязки к frame_id опасна для действия: grounding обязан сходиться с позой. Топологический слой упрощает планирование агента, но не заменяет occupancy для скорости и коллизий. Версионируйте карту и привязывайте её id к эпизодам и к preconditions навигации. Семантика без метрической привязки к frame_id опасна для действия: grounding обязан сходиться с позой. Топологический слой упрощает планирование агента, но не заменяет occupancy для скорости и коллизий. Версионируйте карту и привязывайте её id к эпизодам и к preconditions навигации. Семантика без метрической привязки к frame_id опасна для действия: grounding обязан сходиться с позой. Топологический слой упрощает планирование агента, но не заменяет occupancy для скорости и коллизий. Версионируйте карту и привязывайте её id к эпизодам и к preconditions навигации. Семантика без метри-

ческой привязки к frame_id опасна для действия: grounding обязан сходиться с позой. Топологический слой упрощает планирование агента, но не заменяет occupancy для скорости и коллизий. Версионируйте карту и привязывайте её id к эпизодам и к preconditions навигации. Семантика без метрической привязки к frame_id опасна для действия: grounding обязан сходиться с позой. Топологический слой упрощает планирование агента, но не заменяет occupancy для скорости и коллизий. Версионируйте карту и привязывайте её id к эпизодам и к preconditions навигации. Семантика без метрической привязки к frame_id опасна для действия: grounding обязан сходиться с позой. Топологический слой упрощает планирование агента, но не заменяет occupancy для скорости и коллизий. Версионируйте карту и привязывайте её id к эпизодам и к preconditions навигации. Семантика без метрической привязки к frame_id опасна для действия: grounding обязан сходиться с позой. Топологический слой упрощает планирование агента, но не заменяет occupancy для скорости и коллизий. Версионируйте карту и привязывайте её id к эпизодам и к preconditions навигации. Семантика без метрической привязки к frame_id опасна для действия: grounding обязан сходиться с позой. Топологический слой упрощает планирование агента, но не заменяет occupancy для скорости и коллизий. Версионируйте карту и привязывайте её id к эпизодам и к preconditions навигации. Семантика без метрической привязки к frame_id опасна для действия: grounding

обязан сходиться с позой. Топологический слой упрощает планирование агента, но не заменяет occupancy для скорости и коллизий. Версионируйте карту и привязывайте её id к эпизодам и к preconditions навигации. Семантика без метрической привязки к frame_id опасна для действия: grounding обязан сходиться с позой. Топологический слой упрощает планирование агента, но не заменяет occupancy для скорости и коллизий. Версионируйте карту и привязывайте её id к эпизодам и к preconditions навигации. Семантика без метрической привязки к frame_id опасна для действия: grounding обязан сходиться с позой. Топологический слой упрощает планирование агента, но не заменяет occupancy для скорости и коллизий. Версионируйте карту и привязывайте её id к эпизодам и к preconditions навигации. Семантика без метрической привязки к frame_id опасна для действия: grounding обязан сходиться с позой. Топологический слой упрощает планирование агента, но не заменяет occupancy для скорости и коллизий. Версионируйте карту и привязывайте её id к эпизодам и к preconditions навигации. Семантика без метрической привязки к frame_id опасна для действия: grounding обязан сходиться с позой. Топологический слой упрощает планирование агента, но не заменяет occupancy для скорости и коллизий. Версионируйте карту и привязывайте её id к эпизодам и к preconditions навигации. Семантика без метрической привязки к frame_id опасна для действия: grounding обязан сходиться с позой. Топологический слой упрощает планирование агента, но не заменяет occupancy для скорости и коллизий. Версионируйте карту и привязывайте её id к эпизодам и к preconditions навигации. Семантика без метрической привязки к frame_id опасна для действия: grounding обязан сходиться с позой. Топологический слой упрощает

планирование агента, но не заменяет occupancy для скорости и коллизий. Версионируйте карту и привязывайте её id к эпизодам и к preconditions навигации. Семантика без метрической привязки к frame_id опасна для действия: grounding обязан сходиться с позой. Топологический слой упрощает планирование агента, но не заменяет occupancy для скорости и коллизий. Версионируйте карту и привязывайте её id к эпизодам и к preconditions навигации. Семантика без метрической привязки к frame_id опасна для действия: grounding обязан сходиться с позой. Топологический слой упрощает планирование агента, но не заменяет occupancy для скорости и коллизий. Версионируйте карту и привязывайте её id к эпизодам и к preconditions навигации. Семантика без метрической привязки к frame_id опасна для действия: grounding обязан сходиться с позой. Топологический слой упрощает планирование агента, но не заменяет occupancy для скорости и коллизий. Версионируйте карту и привязывайте её id к эпизодам и к preconditions навигации. Семантика без метрической привязки к frame_id опасна для действия: grounding обязан сходиться с позой. Топологический слой упрощает планирование агента, но не заменяет occupancy для скорости и коллизий. Версионируйте карту и привязывайте её id к эпизодам и к preconditions навигации. Семантика без метрической привязки к frame_id опасна для действия: grounding обязан сходиться с позой. Топологический слой упрощает планирование агента, но не заменяет occupancy для скоро-

сти и коллизий. Версионируйте карту и привязывайте её id к эпизодам и к preconditions навигации. Семантика без метрической привязки к frame_id опасна для действия: grounding обязан сходиться с позой. Топологический слой упрощает планирование агента, но не заменяет occupancy для скорости и коллизий. Версионируйте карту и привязывайте её id к эпизодам и к preconditions навигации. Семантика без метрической привязки к frame_id опасна для действия: grounding обязан сходиться с позой. Топологический слой упрощает планирование агента, но не заменяет occupancy для скорости и коллизий. Версионируйте карту и привязывайте её id к эпизодам и к preconditions навигации. Семантика без метрической привязки к frame_id опасна для действия: grounding обязан сходиться с позой. Топологический слой упрощает планирование агента, но не заменяет occupancy для скорости и коллизий. Версионируйте карту и привязывайте её id к эпизодам и к preconditions навигации. Семантика без метрической привязки к frame_id опасна для действия: grounding обязан сходиться с позой. Топологический слой упрощает планирование агента, но не заменяет occupancy для скорости и коллизий. Версионируйте карту и привязывайте её id к эпизодам и к preconditions навигации. Семантика без метрической привязки к frame_id опасна для действия: grounding обязан сходиться с позой. Топологический слой упрощает планирование агента, но не заменяет occupancy для скорости и коллизий. Версионируйте карту и привязывайте её id к

эпизодам и к preconditions навигации. Семантика без метрической привязки к frame_id опасна для действия: grounding обязан сходиться с позой. Топологический слой упрощает планирование агента, но не заменяет occupancy для скорости и коллизий. Версионируйте карту и привязывайте её id к эпизодам и к preconditions навигации. Семантика без метрической привязки к frame_id опасна для действия: grounding обязан сходиться с позой. Топологический слой упрощает планирование агента, но не заменяет occupancy для скорости и коллизий. Версионируйте карту и привязывайте её id к эпизодам и к preconditions навигации. Семантика без метрической привязки к frame_id опасна для действия: grounding обязан сходиться с позой. Топологический слой упрощает планирование агента, но не заменяет occupancy для скорости и коллизий. Версионируйте карту и привязывайте её id к эпизодам и к preconditions навигации. Семантика без метрической привязки к frame_id опасна для действия: grounding обязан сходиться с позой. Топологический слой упрощает планирование агента, но не заменяет occupancy для скорости и коллизий. Версионируйте карту и привязывайте её id к эпизодам и к preconditions навигации. Семантика без метрической привязки к frame_id опасна для действия: grounding обязан сходиться с позой. Топологический слой упрощает планирование агента, но не заменяет occupancy для скорости и коллизий. Версионируйте карту и привязывайте её id к эпизодам и к preconditions навигации. Семантика без метри-

ческой привязки к frame_id опасна для действия: grounding обязан сходиться с позой. Топологический слой упрощает планирование агента, но не заменяет occupancy для скорости и коллизий. Версионируйте карту и привязывайте её id к эпизодам и к preconditions навигации. Семантика без метрической привязки к frame_id опасна для действия: grounding обязан сходиться с позой. Топологический слой упрощает планирование агента, но не заменяет occupancy для скорости и коллизий. Версионируйте карту и привязывайте её id к эпизодам и к preconditions навигации. Семантика без метрической привязки к frame_id опасна для действия: grounding обязан сходиться с позой. Топологический слой упрощает планирование агента, но не заменяет occupancy для скорости и коллизий. Версионируйте карту и привязывайте её id к эпизодам и к preconditions навигации. Семантика без метрической привязки к frame_id опасна для действия: grounding обязан сходиться с позой. Топологический слой упрощает планирование агента, но не заменяет occupancy для скорости и коллизий. Версионируйте карту и привязывайте её id к эпизодам и к preconditions навигации. Семантика без метрической привязки к frame_id опасна для действия: grounding обязан сходиться с позой. Топологический слой упрощает планирование агента, но не заменяет occupancy для скорости и коллизий. Версионируйте карту и привязывайте её id к эпизодам и к preconditions навигации. Семантика без метрической привязки к frame_id опасна для действия: grounding

обязан сходиться с позой. Топологический слой упрощает планирование агента, но не заменяет occupancy для скорости и коллизий. Версионируйте карту и привязывайте её id к эпизодам и к preconditions навигации. Семантика без метрической привязки к frame_id опасна для действия: grounding обязан сходиться с позой. Топологический слой упрощает планирование агента, но не заменяет occupancy для скорости и коллизий. Версионируйте карту и привязывайте её id к эпизодам и к preconditions навигации. Семантика без метрической привязки к frame_id опасна для действия: grounding обязан сходиться с позой. Топологический слой упрощает планирование агента, но не заменяет occupancy для скорости и коллизий. Версионируйте карту и привязывайте её id к эпизодам и к preconditions навигации. Семантика без метрической привязки к frame_id опасна для действия: grounding обязан сходиться с позой. Топологический слой упрощает планирование агента, но не заменяет occupancy для скорости и коллизий. Версионируйте карту и привязывайте её id к эпизодам и к preconditions навигации. Семантика без метрической привязки к frame_id опасна для действия: grounding обязан сходиться с позой. Топологический слой упрощает планирование агента, но не заменяет occupancy для скорости и коллизий. Версионируйте карту и привязывайте её id к эпизодам и к preconditions навигации. Семантика без метрической привязки к frame_id опасна для действия: grounding обязан сходиться с позой. Топологический слой упрощает планирование агента, но не заменяет occupancy для скорости и коллизий. Версионируйте карту и привязывайте её id к эпизодам и к preconditions навигации. Семантика без метрической привязки к frame_id опасна для действия: grounding обязан сходиться с позой. Топологический слой упрощает

планирование агента, но не заменяет occupancy для скорости и коллизий. Версионируйте карту и привязывайте её id к эпизодам и к preconditions навигации. Семантика без метрической привязки к frame_id опасна для действия: grounding обязан сходиться с позой. Топологический слой упрощает планирование агента, но не заменяет occupancy для скорости и коллизий. Версионируйте карту и привязывайте её id к эпизодам и к preconditions навигации. Семантика без метрической привязки к frame_id опасна для действия: grounding обязан сходиться с позой. Топологический слой упрощает планирование агента, но не заменяет occupancy для скорости и коллизий. Версионируйте карту и привязывайте её id к эпизодам и к preconditions навигации. Семантика без метрической привязки к frame_id опасна для действия: grounding обязан сходиться с позой. Топологический слой упрощает планирование агента, но не заменяет occupancy для скорости и коллизий. Версионируйте карту и привязывайте её id к эпизодам и к preconditions навигации. Семантика без метрической привязки к frame_id опасна для действия: grounding обязан сходиться с позой. Топологический слой упрощает планирование агента, но не заменяет occupancy для скорости и коллизий. Версионируйте карту и привязывайте её id к эпизодам и к preconditions навигации. Семантика без метрической привязки к frame_id опасна для действия: grounding обязан сходиться с позой. Топологический слой упрощает планирование агента, но не заменяет occupancy для скоро-

сти и коллизий. Версионируйте карту и привязывайте её id к эпизодам и к preconditions навигации. Семантика без метрической привязки к frame_id опасна для действия: grounding обязан сходиться с позой. Топологический слой упрощает планирование агента, но не заменяет occupancy для скорости и коллизий. Версионируйте карту и привязывайте её id к эпизодам и к preconditions навигации. Семантика без метрической привязки к frame_id опасна для действия: grounding обязан сходиться с позой. Топологический слой упрощает планирование агента, но не заменяет occupancy для скорости и коллизий. Версионируйте карту и привязывайте её id к эпизодам и к preconditions навигации. Семантика без метрической привязки к frame_id опасна для действия: grounding обязан сходиться с позой. Топологический слой упрощает планирование агента, но не заменяет occupancy для скорости и коллизий. Версионируйте карту и привязывайте её id к эпизодам и к preconditions навигации. Семантика без метрической привязки к frame_id опасна для действия: grounding обязан сходиться с позой. Топологический слой упрощает планирование агента, но не заменяет occupancy для скорости и коллизий. Версионируйте карту и привязывайте её id к эпизодам и к preconditions навигации. Семантика без метрической привязки к frame_id опасна для действия: grounding обязан сходиться с позой. Топологический слой упрощает планирование агента, но не заменяет occupancy для скорости и коллизий. Версионируйте карту и привязывайте её id к

эпизодам и к preconditions навигации. Семантика без метрической привязки к frame_id опасна для действия: grounding обязан сходиться с позой. Топологический слой упрощает планирование агента, но не заменяет occupancy для скорости и коллизий. Версионируйте карту и привязывайте её id к эпизодам и к preconditions навигации. Семантика без метрической привязки к frame_id опасна для действия: grounding обязан сходиться с позой. Топологический слой упрощает планирование агента, но не заменяет occupancy для скорости и коллизий. Версионируйте карту и привязывайте её id к эпизодам и к preconditions навигации. Семантика без метрической привязки к frame_id опасна для действия: grounding обязан сходиться с позой. Топологический слой упрощает планирование агента, но не заменяет occupancy для скорости и коллизий. Версионируйте карту и привязывайте её id к эпизодам и к preconditions навигации. Семантика без метрической привязки к frame_id опасна для действия: grounding обязан сходиться с позой. Топологический слой упрощает планирование агента, но не заменяет occupancy для скорости и коллизий. Версионируйте карту и привязывайте её id к эпизодам и к preconditions навигации. Семантика без метрической привязки к frame_id опасна для действия: grounding обязан сходиться с позой. Топологический слой упрощает планирование агента, но не заменяет occupancy для скорости и коллизий. Версионируйте карту и привязывайте её id к эпизодам и к preconditions навигации. Семантика без метри-

ческой привязки к frame_id опасна для действия: grounding обязан сходиться с позой. Топологический слой упрощает планирование агента, но не заменяет occupancy для скорости и коллизий. Версионируйте карту и привязывайте её id к эпизодам и к preconditions навигации. Семантика без метрической привязки к frame_id опасна для действия: grounding обязан сходиться с позой. Топологический слой упрощает планирование агента, но не заменяет occupancy для скорости и коллизий. Версионируйте карту и привязывайте её id к эпизодам и к preconditions навигации. Семантика без метрической привязки к frame_id опасна для действия: grounding обязан сходиться с позой. Топологический слой упрощает планирование агента, но не заменяет occupancy для скорости и коллизий. Версионируйте карту и привязывайте её id к эпизодам и к preconditions навигации. Семантика без метрической привязки к frame_id опасна для действия: grounding обязан сходиться с позой. Топологический слой упрощает планирование агента, но не заменяет occupancy для скорости и коллизий. Версионируйте карту и привязывайте её id к эпизодам и к preconditions навигации. Семантика без метрической привязки к frame_id опасна для действия: grounding обязан сходиться с позой. Топологический слой упрощает планирование агента, но не заменяет occupancy для скорости и коллизий. Версионируйте карту и привязывайте её id к эпизодам и к preconditions навигации. Семантика без метрической привязки к frame_id опасна для действия: grounding

обязан сходиться с позой. Топологический слой упрощает планирование агента, но не заменяет occupancy для скорости и коллизий. Версионируйте карту и привязывайте её id к эпизодам и к preconditions навигации. Семантика без метрической привязки к frame_id опасна для действия: grounding обязан сходиться с позой. Топологический слой упрощает планирование агента, но не заменяет occupancy для скорости и коллизий. Версионируйте карту и привязывайте её id к эпизодам и к preconditions навигации. Семантика без метрической привязки к frame_id опасна для действия: grounding обязан сходиться с позой. Топологический слой упрощает планирование агента, но не заменяет occupancy для скорости и коллизий. Версионируйте карту и привязывайте её id к эпизодам и к preconditions навигации. Семантика без метрической привязки к frame_id опасна для действия: grounding обязан сходиться с позой. Топологический слой упрощает планирование агента, но не заменяет occupancy для скорости и коллизий. Версионируйте карту и привязывайте её id к эпизодам и к preconditions навигации. Семантика без метрической привязки к frame_id опасна для действия: grounding обязан сходиться с позой. Топологический слой упрощает планирование агента, но не заменяет occupancy для скорости и коллизий. Версионируйте карту и привязывайте её id к эпизодам и к preconditions навигации. Семантика без метрической привязки к frame_id опасна для действия: grounding обязан сходиться с позой. Топологический слой упрощает планирование агента, но не заменяет occupancy для скорости и коллизий. Версионируйте карту и привязывайте её id к эпизодам и к preconditions навигации. Семантика без метрической привязки к frame_id опасна для действия: grounding обязан сходиться с позой. Топологический слой упрощает

планирование агента, но не заменяет occupancy для скорости и коллизий. Версионируйте карту и привязывайте её id к эпизодам и к preconditions навигации. Семантика без метрической привязки к frame_id опасна для действия: grounding обязан сходиться с позой. Топологический слой упрощает планирование агента, но не заменяет occupancy для скорости и коллизий. Версионируйте карту и привязывайте её id к эпизодам и к preconditions навигации. Семантика без метрической привязки к frame_id опасна для действия: grounding обязан сходиться с позой. Топологический слой упрощает планирование агента, но не заменяет occupancy для скорости и коллизий. Версионируйте карту и привязывайте её id к эпизодам и к preconditions навигации. Семантика без метрической привязки к frame_id опасна для действия: grounding обязан сходиться с позой. Топологический слой упрощает планирование агента, но не заменяет occupancy для скорости и коллизий. Версионируйте карту и привязывайте её id к эпизодам и к preconditions навигации. Семантика без метрической привязки к frame_id опасна для действия: grounding обязан сходиться с позой. Топологический слой упрощает планирование агента, но не заменяет occupancy для скорости и коллизий. Версионируйте карту и привязывайте её id к эпизодам и к preconditions навигации. Семантика без метрической привязки к frame_id опасна для действия: grounding обязан сходиться с позой. Топологический слой упрощает планирование агента, но не заменяет occupancy для скоро-

сти и коллизий. Версионируйте карту и привязывайте её id к эпизодам и к preconditions навигации. Семантика без метрической привязки к frame_id опасна для действия: grounding обязан сходиться с позой. Топологический слой упрощает планирование агента, но не заменяет occupancy для скорости и коллизий. Версионируйте карту и привязывайте её id к эпизодам и к preconditions навигации. Семантика без метрической привязки к frame_id опасна для действия: grounding обязан сходиться с позой. Топологический слой упрощает планирование агента, но не заменяет occupancy для скорости и коллизий. Версионируйте карту и привязывайте её id к эпизодам и к preconditions навигации. Семантика без метрической привязки к frame_id опасна для действия: grounding обязан сходиться с позой. Топологический слой упрощает планирование агента, но не заменяет occupancy для скорости и коллизий. Версионируйте карту и привязывайте её id к эпизодам и к preconditions навигации. Семантика без метрической привязки к frame_id опасна для действия: grounding обязан сходиться с позой. Топологический слой упрощает планирование агента, но не заменяет occupancy для скорости и коллизий. Версионируйте карту и привязывайте её id к эпизодам и к preconditions навигации. Семантика без метрической привязки к frame_id опасна для действия: grounding обязан сходиться с позой. Топологический слой упрощает планирование агента, но не заменяет occupancy для скорости и коллизий. Версионируйте карту и привязывайте её id к

эпизодам и к preconditions навигации. Семантика без метрической привязки к frame_id опасна для действия: grounding обязан сходиться с позой. Топологический слой упрощает планирование агента, но не заменяет occupancy для скорости и коллизий. Версионируйте карту и привязывайте её id к эпизодам и к preconditions навигации. Семантика без метрической привязки к frame_id опасна для действия: grounding обязан сходиться с позой. Топологический слой упрощает планирование агента, но не заменяет occupancy для скорости и коллизий. Версионируйте карту и привязывайте её id к эпизодам и к preconditions навигации. Семантика без метрической привязки к frame_id опасна для действия: grounding обязан сходиться с позой. Топологический слой упрощает планирование агента, но не заменяет occupancy для скорости и коллизий. Версионируйте карту и привязывайте её id к эпизодам и к preconditions навигации. Семантика без метрической привязки к frame_id опасна для действия: grounding обязан сходиться с позой. Топологический слой упрощает планирование агента, но не заменяет occupancy для скорости и коллизий. Версионируйте карту и привязывайте её id к эпизодам и к preconditions навигации. Семантика без метрической привязки к frame_id опасна для действия: grounding обязан сходиться с позой. Топологический слой упрощает планирование агента, но не заменяет occupancy для скорости и коллизий. Версионируйте карту и привязывайте её id к эпизодам и к preconditions навигации. Семантика без метри-

ческой привязки к frame_id опасна для действия: grounding обязан сходиться с позой. Топологический слой упрощает планирование агента, но не заменяет occupancy для скорости и коллизий. Версионируйте карту и привязывайте её id к эпизодам и к preconditions навигации. Семантика без метрической привязки к frame_id опасна для действия: grounding обязан сходиться с позой. Топологический слой упрощает планирование агента, но не заменяет occupancy для скорости и коллизий. Версионируйте карту и привязывайте её id к эпизодам и к preconditions навигации. Семантика без метрической привязки к frame_id опасна для действия: grounding обязан сходиться с позой. Топологический слой упрощает планирование агента, но не заменяет occupancy для скорости и коллизий. Версионируйте карту и привязывайте её id к эпизодам и к preconditions навигации. Семантика без метрической привязки к frame_id опасна для действия: grounding обязан сходиться с позой. Топологический слой упрощает планирование агента, но не заменяет occupancy для скорости и коллизий. Версионируйте карту и привязывайте её id к эпизодам и к preconditions навигации. Семантика без метрической привязки к frame_id опасна для действия: grounding обязан сходиться с позой. Топологический слой упрощает планирование агента, но не заменяет occupancy для скорости и коллизий. Версионируйте карту и привязывайте её id к эпизодам и к preconditions навигации. Семантика без метрической привязки к frame_id опасна для действия: grounding

обязан сходиться с позой. Топологический слой упрощает планирование агента, но не заменяет occupancy для скорости и коллизий. Версионируйте карту и привязывайте её id к эпизодам и к preconditions навигации. Семантика без метрической привязки к frame_id опасна для действия: grounding обязан сходиться с позой. Топологический слой упрощает планирование агента, но не заменяет occupancy для скорости и коллизий. Версионируйте карту и привязывайте её id к эпизодам и к preconditions навигации. Семантика без метрической привязки к frame_id опасна для действия: grounding обязан сходиться с позой. Топологический слой упрощает планирование агента, но не заменяет occupancy для скорости и коллизий. Версионируйте карту и привязывайте её id к эпизодам и к preconditions навигации. Семантика без метрической привязки к frame_id опасна для действия: grounding обязан сходиться с позой. Топологический слой упрощает планирование агента, но не заменяет occupancy для скорости и коллизий. Версионируйте карту и привязывайте её id к эпизодам и к preconditions навигации. Семантика без метрической привязки к frame_id опасна для действия: grounding обязан сходиться с позой. Топологический слой упрощает планирование агента, но не заменяет occupancy для скорости и коллизий. Версионируйте карту и привязывайте её id к эпизодам и к preconditions навигации. Семантика без метрической привязки к frame_id опасна для действия: grounding обязан сходиться с позой. Топологический слой упрощает планирование агента, но не заменяет occupancy для скорости и коллизий. Версионируйте карту и привязывайте её id к эпизодам и к preconditions навигации. Семантика без метрической привязки к frame_id опасна для действия: grounding обязан сходиться с позой. Топологический слой упрощает

планирование агента, но не заменяет occupancy для скорости и коллизий. Версионируйте карту и привязывайте её id к эпизодам и к preconditions навигации. Семантика без метрической привязки к frame_id опасна для действия: grounding обязан сходиться с позой. Топологический слой упрощает планирование агента, но не заменяет occupancy для скорости и коллизий. Версионируйте карту и привязывайте её id к эпизодам и к preconditions навигации. Семантика без метрической привязки к frame_id опасна для действия: grounding обязан сходиться с позой. Топологический слой упрощает планирование агента, но не заменяет occupancy для скорости и коллизий. Версионируйте карту и привязывайте её id к эпизодам и к preconditions навигации. Семантика без метрической привязки к frame_id опасна для действия: grounding обязан сходиться с позой. Топологический слой упрощает планирование агента, но не заменяет occupancy для скорости и коллизий. Версионируйте карту и привязывайте её id к эпизодам и к preconditions навигации. Семантика без метрической привязки к frame_id опасна для действия: grounding обязан сходиться с позой. Топологический слой упрощает планирование агента, но не заменяет occupancy для скорости и коллизий.

14. Мультимодальное слияние

Камера, лидар, сила, проприо и язык приходят с разными частотами и разными способами врать. Слияние — не «конкат в один тензор и надежда», а явные правила: какой сенсор побеждает в каком режиме, как учитывать age и cov, что делать при конфликте. Глава для тех, кто уже обжёгся на max-confidence без age.

Зачем правила приоритета

В контакте сила побеждает зрение для abort. До подхода зрение+depth задают цель. При навигации лидар/сканер режет скорость сильнее красивой семантики. Запишите таблицу приоритетов по режимам NORMAL/DEGRADED.

Late fusion vs early fusion

Early: общая сеть на сырых модальностях — сильна на демо, слаба в объяснимости и сертификации. Late: отдельные оценки → трек/pose → политика. Late чаще проходит OT: можно выключить depth и остаться на RGB+force с понятным DEGRADED.

Гибрид: выученный fusion внутри навыка, снаружи независимые monitor'ы по каждой модальности.

Время и буферы

Слияние по stamp, не по «последнему что пришло». Очереди latest-wins для зрения; сила не буферизуется секундами. Observation_age каждой модальности в логе action.

Конфликты

Зрение: объект есть. Сила при касании: пусто (блик). Правило: abort + hard negative в QC. Лидар: стена. Камера: проход (стекло). Правило: slow + тикет на карту.

Язык как модальность

Язык не сенсор мира. Он задаёт задачу и не должен перебивать occupancy. Grounding только к track_id/node_id с confirm при низком confidence.

Метрики

Conflict rate между модальностями. Abort после конфликта. Latency fusion. Доля действий с неполным набором модальностей.

Чеклист

Таблица приоритетов. Age по модальностям. Тесты отказа каждой модальности. Late-path DEGRADED. Лог конфликтов.

Практические заметки именно для «14. Мультимодальное слияние»

На пилоте начните с одного сайта и одного класса задач. Зафиксируйте as-is интерфейсы до выбора весов. Введите запрет обновления в час пик без change freeze. Свяжите эскалации смены с причинами модуля в словаре. Раз в неделю смотрите вторые метрики (время до правды, полнота stamp), не только success. При переносе в поле обновите карту ограничений — иначе повторите чужие демо-графы. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и

тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health

и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health

и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health

и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health

и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health

и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health

и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health

и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health

и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health

и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health

и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health

и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health

и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health

и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health

и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health

и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health

и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health

и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health

и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков.

Неопределённость и доверие к восприятию

Разбор темы «Неопределённость и доверие к восприятию» для инженеров и PM Physical AI: место в стеке, контракт данных, failure modes, метрики и приёмка.

Фокус этой главы (U0027)

Разбор «Неопределённость и доверие к восприятию» держится на фасете force limits. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0027 первичная гипотеза — force limits. Проверка: сравнить stockout_hours и mtt_truth_min до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0027_SENSOR_AGE — owner OT, secondary ML

— U0027_FORCE_MUTE — owner integration, secondary vendor field

— U0027_WMS_DUP_CMD — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— stockout_hours — часы простоя из-за spare; порог-кан-

дидатоперации: 8 (уточняется на FAT ячейки U0027).

— mtt_truth_min — минуты до полного пакета логов; порог-кандидатоперации: 21 (уточняется на FAT ячейки U0027).

— p95_latency_ms — p95 hot path; порог-кандидатоперации: 8 (уточняется на FAT ячейки U0027).

— age_p95_ms — p95 age сенсора в политике; порог-кандидатоперации: 20 (уточняется на FAT ячейки U0027).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0027 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «force limits» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, stockout_hours, p95_latency_ms, teleop_flag.

4. Если mtt_truth_min хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0027 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про force limits

— [ ] Коды U0027_SENSOR_AGE, U0027_FORCE_MUTE в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает stockout_hours и mtt_truth_min

— [ ] Тест отказа U0027 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «Неопределённость и доверие к восприятию».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0027 роликом demo-day.

Короткий вывод

«Неопределённость и доверие к восприятию» закрывается, когда фасет force limits измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0027 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

Разреженные и деградированные наблюдения

Разбор темы «Разреженные и деградированные наблюдения» для инженеров и PM Physical AI: место в стеке, контракт данных, failure modes, метрики и приёмка.

Фокус этой главы (U0028)

Разбор «Разреженные и деградированные наблюдения» держится на фасете MVP 90 дней. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0028 первичная гипотеза — MVP 90 дней. Проверка: сравнить success_night и incomplete_ep до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0028_PERCEPTION_GLARE — owner OT, secondary ML

— U0028_TF_DRIFT — owner integration, secondary vendor field

— U0028_TELEOP_HIDDEN — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— success_night — доля успешных циклов ночью; порог-кандидатоперации: 29 (уточняется на FAT ячейки U0028).

— incomplete_ep — доля эпизодов без обязательных полей; порог-кандидатоперации: 29 (уточняется на FAT ячейки U0028).

— stockout_hours — часы простоя из-за spare; порог-кандидатоперации: 17 (уточняется на FAT ячейки U0028).

— teleop_share — доля циклов с teleop; порог-кандидатоперации: 41 (уточняется на FAT ячейки U0028).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0028 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «MVP 90 дней» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, success_night, stockout_hours, teleop_flag.

4. Если incomplete_ep хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0028 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про MVP 90 дней

— [ ] Коды U0028_PERCEPTION_GLARE, U0028_TF_DRIFT в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает success_night и incomplete_ep

— [ ] Тест отказа U0028 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «Разреженные и деградированные наблюдения».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0028 роликом demo-day.

Короткий вывод

«Разреженные и деградированные наблюдения» закрывается, когда фасет MVP 90 дней измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0028 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

15. Ошибки восприятия и safety-кейсы

Восприятие ошибается предсказуемыми классами: блик как объект, пропуск человека в тени, устаревший трек, ложный obstacle в пару, ID switch на twin SKU. Safety-кейс — это не «модель иногда ошибается», а связка ошибка → вред → барьер. Глава переводит ошибки зрения/лидара/силы в барьеры контура и процедуры.

Классы ошибок

False positive object → хват в воздухе/удар.

False negative person → опасное сближение.

Stale track → удар по сдвинутому.

Mis-association ID → действие не с тем SKU.

Depth hole → неверный approach.

Calibration drift → систематический miss.

Барьеры

Age monitor. Force limiter. Speed zones. Confirm на уровне автономии 2–3. Запрет navigate при loc lost. E-stop независим.

Каждый класс ошибки должен указывать хотя бы один барьер не-ML.

Разбор как safety practice

Постмортем: класс ошибки, какая модальность, какой ба-

рьер сработал/не сработал, тикет. Без класса — снова «до-обучим».

Тесты

Инъекции: засвет, задержка кадра, грязный лидар, ложный бокс. Ожидаемый режим. Учения записывать.

Метрики

Near miss by perception class. Barrier activation counts. Time-to-safe в учениях.

Практические заметки именно для «17. Ошибки восприятия в динамической среде»

На пилоте начните с одного сайта и одного класса задач. Зафиксируйте as-is интерфейсы до выбора весов. Введите запрет обновления в час пик без change freeze. Свяжите эскалации смены с причинами модуля в словаре. Раз в неделю смотрите вторые метрики (время до правды, полнота stamp), не только success. При переносе в поле обновите карту ограничений — иначе повторите чужие демо-графы. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца мо-

дуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца мо-

дуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца мо-

дуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца мо-

дуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца мо-

дуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца мо-

дуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца мо-

дуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца мо-

дуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца мо-

дуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца мо-

дуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца мо-

дуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца мо-

дуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца мо-

дуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца мо-

дуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца мо-

дуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца мо-

дуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца мо-

дуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца мо-

дуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца мо-

дуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков. Зафиксируйте владельца модуля, контракт выхода со stamp/health и тест отказа до спора о весах. Canary и rollback обязательны; lab-метрики не смешивайте с cell без пометки среды. Failure modes впишите в карту ограничений сайта и в preconditions навыков.

Датасеты для роботического зрения

Разбор темы «Датасеты для роботического зрения» для инженеров и PM Physical AI: место в стеке, контракт данных, failure modes, метрики и приёмка.

Фокус этой главы (U0030)

Разбор «Датасеты для роботического зрения» держится на фасете data contract эпизода. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0030 первичная гипотеза — data contract эпизода. Проверка: сравнить stockout_hours и age_p95_ms до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0030_FORCE_MUTE — owner OT, secondary ML

— U0030_WMS_DUP_CMD — owner integration, secondary vendor field

— U0030_PRIVACY_RAW — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— stockout_hours — часы простоя из-за spare; порог-кандидатоперации: 41 (уточняется на FAT ячейки U0030).

— age_p95_ms — p95 age сенсора в политике; порог-кандидатоперации: 41 (уточняется на FAT ячейки U0030).

— support_h_cell — часы поддержки / ячейка / неделя; порог-кандидатоперации: 41 (уточняется на FAT ячейки U0030).

— mtt_truth_min — минуты до полного пакета логов; порог-кандидатоперации: 11 (уточняется на FAT ячейки U0030).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0030 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «data contract эпизода» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, stockout_hours, support_h_cell, teleop_flag.

4. Если age_p95_ms хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0030 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про data contract эпизода

— [ ] Коды U0030_FORCE_MUTE, U0030_WMS_DUP_CMD в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает stockout_hours и

age_p95_ms

— [ ] Тест отказа U0030 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «Датасеты для роботического зрения».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0030 роликом demo-day.

Короткий вывод

«Датасеты для роботического зрения» закрывается, когда фасет data contract эпизода измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0030 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

Тестирование perception-пайплайна

Разбор темы «Тестирование perception-пайплайна» для инженеров и PM Physical AI: место в стеке, контракт данных, failure modes, метрики и приёмка.

Фокус этой главы (U0031)

Разбор «Тестирование perception-пайплайна» держится на фасете сегментные метрики смен. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0031 первичная гипотеза — сегментные метрики смен. Проверка: сравнить teleop_share и p95_latency_ms до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0031_SENSOR_AGE — owner OT, secondary ML

— U0031_FORCE_MUTE — owner integration, secondary vendor field

— U0031_WMS_DUP_CMD — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— teleop_share — доля циклов с teleop; порог-кандидато-

перации: 22 (уточняется на FAT ячейки U0031).

— p95_latency_ms — p95 hot path; порог-кандидатоперации: 44 (уточняется на FAT ячейки U0031).

— success_night — доля успешных циклов ночью; порог-кандидатоперации: 13 (уточняется на FAT ячейки U0031).

— mtt_truth_min — минуты до полного пакета логов; порог-кандидатоперации: 13 (уточняется на FAT ячейки U0031).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0031 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «сегментные метрики смен» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, teleop_share, success_night, teleop_flag.

4. Если p95_latency_ms хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0031 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про сегментные метрики смен

— [ ] Коды U0031_SENSOR_AGE, U0031_FORCE_MUTE в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает teleop_share и p95_latency_ms

— [ ] Тест отказа U0031 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «Тестирование perception-пайплайна».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0031 роликом demo-day.

Короткий вывод

«Тестирование perception-пайплайна» закрывается, когда фасет сегментные метрики смен измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0031 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

Представления состояния и мира

Разбор темы «Представления состояния и мира» для инженеров и PM Physical AI: место в стеке, контракт данных, failure modes, метрики и приёмка.

Фокус этой главы (U0032)

Разбор «Представления состояния и мира» держится на фасете anti-pattern catalogue. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0032 первичная гипотеза — anti-pattern catalogue. Проверка: сравнить p95_latency_ms и success_night до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0032_TF_DRIFT — owner OT, secondary ML

— U0032_TELEOP_HIDDEN — owner integration, secondary vendor field

— U0032_HASH_MISSING — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— p95_latency_ms — p95 hot path; порог-кандидатоперации: 14 (уточняется на FAT ячейки U0032).

— success_night — доля успешных циклов ночью; порог-кандидатоперации: 22 (уточняется на FAT ячейки U0032).

— stockout_hours — часы простоя из-за spare; порог-кандидатоперации: 14 (уточняется на FAT ячейки U0032).

— mtt_truth_min — минуты до полного пакета логов; порог-кандидатоперации: 22 (уточняется на FAT ячейки U0032).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0032 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «anti-pattern catalogue» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, p95_latency_ms, stockout_hours, teleop_flag.

4. Если success_night хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0032 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про anti-pattern catalogue

— [ ] Коды U0032_TF_DRIFT, U0032_TELEOP_HIDDEN в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает p95_latency_ms и success_night

— [ ] Тест отказа U0032 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «Представления состояния и мира».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0032 роликом demo-day.

Короткий вывод

«Представления состояния и мира» закрывается, когда фасет anti-pattern catalogue измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0032 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

Политики управления

Практический разбор «Политики управления» для Physical AI: место в стеке, контракт данных, failure modes, метрики, приёмка.

Failure modes (U0033)

Для этой главы: отказ первично связан с темой «Политики управления». Детект → mode/abort/escalate → тест на canary U0033, не общий стенд.

Чеклист

IDL. Health/age. Регресс. Rollback. Preconditions. Запись в карту ограничений.

Фокус этой главы (U0033)

Разбор «Политики управления» держится на фасете WMS идемпотентность. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0033 первичная гипотеза — WMS идемпотентность. Проверка: сравнить incomplete_ep и age_p95_ms до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0033_FORCE_MUTE — owner OT, secondary ML

— U0033_WMS_DUP_CMD — owner integration,

secondary vendor field

— U0033_PRIVACY_RAW — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— incomplete_ep — доля эпизодов без обязательных полей; порог-кандидатоперации: 10 (уточняется на FAT ячейки U0033).

— age_p95_ms — p95 age сенсора в политике; порог-кандидатоперации: 31 (уточняется на FAT ячейки U0033).

— p95_latency_ms — p95 hot path; порог-кандидатоперации: 43 (уточняется на FAT ячейки U0033).

— near_miss — near miss / 1000 циклов; порог-кандидатоперации: 38 (уточняется на FAT ячейки U0033).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0033 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «WMS идемпотентность» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, incomplete_ep, p95_latency_ms, teleop_flag.

4. Если age_p95_ms хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0033 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про WMS идемпотентность

— [ ] Коды U0033_FORCE_MUTE, U0033_WMS_DUP_CMD в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает incomplete_ep и age_p95_ms

— [ ] Тест отказа U0033 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «Политики управления».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0033 роликом demo-day.

Короткий вывод

«Политики управления» закрывается, когда фасет WMS идемпотентность измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0033 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

Imitation learning и демонстрации

Практический разбор «Imitation learning и демонстрации» для Physical AI: место в стеке, контракт данных, failure modes, метрики, приёмка.

Failure modes (U0034)

Для этой главы: отказ первично связан с темой «Imitation learning и демонстрации». Детект → mode/abort/escalate → тест на canary U0034, не общий стенд.

Чеклист

IDL. Health/age. Регресс. Rollback. Preconditions. Запись в карту ограничений.

Фокус этой главы (U0034)

Разбор «Imitation learning и демонстрации» держится на фасете safety supervisor vs ML. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0034 первичная гипотеза — safety supervisor vs ML. Проверка: сравнить success_night и incomplete_ep до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0034_TELEOP_HIDDEN — owner OT, secondary ML

— U0034_HASH_MISSING — owner integration,

secondary vendor field

— U0034_LATENCY_BUDGET — owner safety/ compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— success_night — доля успешных циклов ночью; порог-кандидатоперации: 29 (уточняется на FAT ячейки U0034).

— incomplete_ep — доля эпизодов без обязательных полей; порог-кандидатоперации: 29 (уточняется на FAT ячейки U0034).

— stockout_hours — часы простоя из-за spare; порог-кандидатоперации: 23 (уточняется на FAT ячейки U0034).

— p95_latency_ms — p95 hot path; порог-кандидатоперации: 23 (уточняется на FAT ячейки U0034).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0034 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «safety supervisor vs ML» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, success_night, stockout_hours, teleop_flag.

4. Если incomplete_ep хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0034 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про safety supervisor vs ML

— [ ] Коды U0034_TELEOP_HIDDEN, U0034_HASH_MISSING в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает success_night и incomplete_ep

— [ ] Тест отказа U0034 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «Imitation learning и демонстрации».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0034 роликом demo-day.

Короткий вывод

«Imitation learning и демонстрации» закрывается, когда фасет safety supervisor vs ML измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0034 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

Reinforcement learning в симуляции

Практический разбор «Reinforcement learning в симуляции» для Physical AI: место в стеке, контракт данных, failure modes, метрики, приёмка.

Failure modes (U0035)

Для этой главы: отказ первично связан с темой «Reinforcement learning в симуляции». Детект → mode/abort/escalate → тест на canary U0035, не общий стенд.

Чеклист

IDL. Health/age. Регресс. Rollback. Preconditions. Запись в карту ограничений.

Фокус этой главы (U0035)

Разбор «Reinforcement learning в симуляции» держится на фасете cold chain / конденсат. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0035 первичная гипотеза — cold chain / конденсат. Проверка: сравнить teleop_share и mtt_truth_min до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0035_LATENCY_BUDGET — owner OT, secondary ML

— U0035_SENSOR_AGE — owner integration, secondary vendor field

— U0035_FORCE_MUTE — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— teleop_share — доля циклов с teleop; порог-кандидатоперации: 29 (уточняется на FAT ячейки U0035).

— mtt_truth_min — минуты до полного пакета логов; порог-кандидатоперации: 24 (уточняется на FAT ячейки U0035).

— success_night — доля успешных циклов ночью; порог-кандидатоперации: 24 (уточняется на FAT ячейки U0035).

— support_h_cell — часы поддержки / ячейка / неделя; порог-кандидатоперации: 19 (уточняется на FAT ячейки U0035).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0035 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «cold chain / конденсат» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, teleop_share, success_night, teleop_flag.

4. Если mtt_truth_min хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0035 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про cold chain / конденсат

— [ ] Коды U0035_LATENCY_BUDGET, U0035_SENSOR_AGE в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает teleop_share и mtt_truth_min

— [ ] Тест отказа U0035 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «Reinforcement learning в симуляции».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0035 роликом demo-day.

Короткий вывод

«Reinforcement learning в симуляции» закрывается, когда фасет cold chain / конденсат измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0035 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

Перенос обучения на железо

Практический разбор «Перенос обучения на железо» для Physical AI: место в стеке, контракт данных, failure modes, метрики, приёмка.

Failure modes (U0036)

Для этой главы: отказ первично связан с темой «Перенос обучения на железо». Детект → mode/abort/escalate → тест на canary U0036, не общий стенд.

Чеклист

IDL. Health/age. Регресс. Rollback. Preconditions. Запись в карту ограничений.

Фокус этой главы (U0036)

Разбор «Перенос обучения на железо» держится на фасете data contract эпизода. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0036 первичная гипотеза — data contract эпизода. Проверка: сравнить p95_latency_ms и success_night до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0036_PERCEPTION_GLARE — owner OT, secondary ML

— U0036_TF_DRIFT — owner integration, secondary vendor field

— U0036_TELEOP_HIDDEN — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— p95_latency_ms — p95 hot path; порог-кандидатоперации: 29 (уточняется на FAT ячейки U0036).

— success_night — доля успешных циклов ночью; порог-кандидатоперации: 33 (уточняется на FAT ячейки U0036).

— age_p95_ms — p95 age сенсора в политике; порог-кандидатоперации: 5 (уточняется на FAT ячейки U0036).

— mtt_truth_min — минуты до полного пакета логов; порог-кандидатоперации: 33 (уточняется на FAT ячейки U0036).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0036 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «data contract эпизода» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, p95_latency_ms, age_p95_ms, teleop_flag.

4. Если success_night хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0036 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про data contract эпизода

— [ ] Коды U0036_PERCEPTION_GLARE, U0036_TF_DRIFT в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает p95_latency_ms и success_night

— [ ] Тест отказа U0036 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «Перенос обучения на железо».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0036 роликом demo-day.

Короткий вывод

«Перенос обучения на железо» закрывается, когда фасет data contract эпизода измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0036 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

Foundation models для роботов

Практический разбор «Foundation models для роботов» для Physical AI: место в стеке, контракт данных, failure modes, метрики, приёмка.

Failure modes (U0037)

Для этой главы: отказ первично связан с темой «Foundation models для роботов». Детект → mode/abort/escalate → тест на canary U0037, не общий стенд.

Чеклист

IDL. Health/age. Регресс. Rollback. Preconditions. Запись в карту ограничений.

Фокус этой главы (U0037)

Разбор «Foundation models для роботов» держится на фасете словарь метрик. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0037 первичная гипотеза — словарь метрик. Проверка: сравнить p95_latency_ms и incomplete_ep до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0037_PERCEPTION_GLARE — owner OT, secondary ML

— U0037_TF_DRIFT — owner integration, secondary vendor field

— U0037_TELEOP_HIDDEN — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— p95_latency_ms — p95 hot path; порог-кандидатоперации: 23 (уточняется на FAT ячейки U0037).

— incomplete_ep — доля эпизодов без обязательных полей; порог-кандидатоперации: 26 (уточняется на FAT ячейки U0037).

— near_miss — near miss / 1000 циклов; порог-кандидатоперации: 38 (уточняется на FAT ячейки U0037).

— mtt_truth_min — минуты до полного пакета логов; порог-кандидатоперации: 26 (уточняется на FAT ячейки U0037).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0037 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «словарь метрик» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, p95_latency_ms, near_miss, teleop_flag.

4. Если incomplete_ep хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0037 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про словарь метрик

— [ ] Коды U0037_PERCEPTION_GLARE, U0037_TF_DRIFT в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает p95_latency_ms и incomplete_ep

— [ ] Тест отказа U0037 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «Foundation models для роботов».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0037 роликом demo-day.

Короткий вывод

«Foundation models для роботов» закрывается, когда фасет словарь метрик измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0037 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

Vision-language-action модели

Практический разбор «Vision-language-action модели» для Physical AI: место в стеке, контракт данных, failure modes, метрики, приёмка.

Failure modes (U0038)

Для этой главы: отказ первично связан с темой «Vision-language-action модели». Детект → mode/abort/escalate → тест на canary U0038, не общий стенд.

Чеклист

IDL. Health/age. Регресс. Rollback. Preconditions. Запись в карту ограничений.

Фокус этой главы (U0038)

Разбор «Vision-language-action модели» держится на фасете near miss с человеком. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0038 первичная гипотеза — near miss с человеком. Проверка: сравнить mtt_truth_min и support_h_cell до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0038_SPARE_STOCKOUT — owner OT, secondary ML

— U0038_PERCEPTION_GLARE — owner integration, secondary vendor field

— U0038_TF_DRIFT — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— mtt_truth_min — минуты до полного пакета логов; порог-кандидатоперации: 18 (уточняется на FAT ячейки U0038).

— support_h_cell — часы поддержки / ячейка / неделя; порог-кандидатоперации: 16 (уточняется на FAT ячейки U0038).

— p95_latency_ms — p95 hot path; порог-кандидатоперации: 16 (уточняется на FAT ячейки U0038).

— age_p95_ms — p95 age сенсора в политике; порог-кандидатоперации: 24 (уточняется на FAT ячейки U0038).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0038 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «near miss с человеком» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, mtt_truth_min, p95_latency_ms, teleop_flag.

4. Если support_h_cell хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0038 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про near miss с человеком

— [ ] Коды U0038_SPARE_STOCKOUT, U0038_PERCEPTION_GLARE в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает mtt_truth_min и support_h_cell

— [ ] Тест отказа U0038 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «Vision-language-action модели».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0038 роликом demo-day.

Короткий вывод

«Vision-language-action модели» закрывается, когда фасет near miss с человеком измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0038 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

Планирование задач и движений

Практический разбор «Планирование задач и движений» для Physical AI: место в стеке, контракт данных, failure modes, метрики, приёмка.

Failure modes (U0039)

Для этой главы: отказ первично связан с темой «Планирование задач и движений». Детект → mode/abort/escalate → тест на canary U0039, не общий стенд.

Чеклист

IDL. Health/age. Регресс. Rollback. Preconditions. Запись в карту ограничений.

Фокус этой главы (U0039)

Разбор «Планирование задач и движений» держится на фасете acceptance criteria. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0039 первичная гипотеза — acceptance criteria. Проверка: сравнить teleop_share и stockout_hours до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0039_SENSOR_AGE — owner OT, secondary ML

— U0039_FORCE_MUTE — owner integration, secondary

vendor field

— U0039_WMS_DUP_CMD — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— teleop_share — доля циклов с teleop; порог-кандидатоперации: 28 (уточняется на FAT ячейки U0039).

— stockout_hours — часы простоя из-за spare; порог-кандидатоперации: 26 (уточняется на FAT ячейки U0039).

— calib_drift_px — drift target board, px; порог-кандидатоперации: 26 (уточняется на FAT ячейки U0039).

— incomplete_ep — доля эпизодов без обязательных полей; порог-кандидатоперации: 27 (уточняется на FAT ячейки U0039).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0039 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «acceptance criteria» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, teleop_share, calib_drift_px, teleop_flag.

4. Если stockout_hours хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0039 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про acceptance criteria

— [ ] Коды U0039_SENSOR_AGE, U0039_FORCE_MUTE в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает teleop_share и stockout_hours

— [ ] Тест отказа U0039 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «Планирование задач и движений».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0039 роликом demo-day.

Короткий вывод

«Планирование задач и движений» закрывается, когда фасет acceptance criteria измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0039 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

7. Иерархия политик и опции

Плоская политика «от пикселя до всего заказа» плохо сертифицируется и плохо отлаживается. Иерархия: задача → навыки → примитивы движения → серво. Опции (options) / skills с termination — способ переиспользовать куски поведения. Глава — как резать иерархию и где оставить обучение.

Слои

Диспетчер (часто автомат/LLM): порядок навыков.

Skill policies: grasp/place.

Motion primitives / impedance.

Joint control.

Отказы и мониторы на каждом слое свои.

Где учить

Учите нестабильное и вариативное (хват в навале). Не учите заново то, что делает вендорский трекер траекторий стабильно.

Termination

Skill обязан уметь success/fail/abort timeout. Без termination иерархия зависает.

Чеклист

Whitelist skills. Паспорта. Нет прямого LLM→torque. Логи слоя-источника setpoint.

Фокус этой главы (U0040)

Разбор «7. Иерархия политик и опции» держится на фасе-

те тендерные дисквалификаторы. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0040 первичная гипотеза — тендерные дисквалификаторы. Проверка: сравнить support_h_cell и calib_drift_px до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0040_PRIVACY_RAW — owner OT, secondary ML

— U0040_SPARE_STOCKOUT — owner integration, secondary vendor field

— U0040_PERCEPTION_GLARE — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— support_h_cell — часы поддержки / ячейка / неделя; порог-кандидатоперации: 33 (уточняется на FAT ячейки U0040).

— calib_drift_px — drift target board, px; порог-кандидатоперации: 33 (уточняется на FAT ячейки U0040).

— incomplete_ep — доля эпизодов без обязательных полей; порог-кандидатоперации: 33 (уточняется на FAT ячейки U0040).

— age_p95_ms — p95 age сенсора в политике; порог-кандидатоперации: 33 (уточняется на FAT ячейки U0040).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0040 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «тендерные дисквалификаторы» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, support_h_cell, incomplete_ep, teleop_flag.

4. Если calib_drift_px хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0040 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про тендерные дисквалификаторы

— [ ] Коды U0040_PRIVACY_RAW, U0040_SPARE_STOCKOUT в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает support_h_cell и calib_drift_px

— [ ] Тест отказа U0040 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «7. Иерархия политик и опции».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0040 роликом demo-day.

Короткий вывод

«7. Иерархия политик и опции» закрывается, когда фасет тендерные дисквалификаторы измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0040 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

Память и перенос навыков

Навык grasp, выученный на столе A, не обязан жить на столе B без tool_id, калибровки и карты. Память навыков — registry политик с условиями применимости, а не папка весов. Глава — как версионировать навыки, когда переносить, когда учить заново и как эпизодическая память провалов режет повторы.

Skill registry

skill_id, robot/tool constraints, map_version min, metrics last canary, owner. Whitelist ссылается только на GA.

Перенос

Одинаковый action space и сенсорный контракт. Иначе adapter или fine-tune. Запрет silent copy между сайтами без протокола.

Эпизодические провалы

Ключ (slot, skill) → счётчик. Порог → escalate/alternate. Сброс после ремонта оснастки.

Чеклист

Registry. Preconditions по tool/map. Запрет копирования без теста. Логи transfer attempts.

Внедрение на пилоте: «14. Память робота»

Назначьте владельца до закупки. Соберите 20–50 реальных сцен сайта в регресс (день/ночь/сбой). Любой релиз — canary и смотр near miss + age. Словарь эскалаций смены обя-

зан содержать коды этого слоя. На втором сайте не копируйте конфиг до обновления карты ограничений. Если success растёт вместе со скрытым teleop — откат, не новый backbone. Еженедельно: время до правды и доля эпизодов с полной конфигурацией. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом срав-

нении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Вла-

делец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест от-

каза важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора

красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитекту-

ры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary

с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age —

до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age —

торов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запре-

щён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Поме-

чайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/

field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом срав-

нении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Вла-

делец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест от-

каза важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора

красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитекту-

ры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary

с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age —

до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик.

Tool-use на физическом устройстве

Разбор «Tool-use на физическом устройстве» для Physical AI: стек, контракт, отказы, метрики, приёмка.

Место в стеке (U0042)

«Tool-use на физическом устройстве»: зафиксируйте входы/выходы и потребителей именно этого слоя; частота vs hot path; именной владелец U0042.

Отказы

Среда, калибровка, latency, конфликт. Детект → mode/abort → тест.

Внедрение

Узкий домен, регресс, shadow/canary, site profile. Cloud вне контакта.

Метрики

Latency p95, fixture error, intervention-free, near miss, полнота логов.

Чеклист

IDL. Health/age. Регресс. Canary. Preconditions. Карта ограничений.

Фокус этой главы (U0042)

Разбор «Tool-use на физическом устройстве» держится на фасете словарь метрик. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0042 первичная гипотеза — словарь метрик. Проверка: сравнить mtt_truth_min и support_h_cell до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0042_PRIVACY_RAW — owner OT, secondary ML

— U0042_SPARE_STOCKOUT — owner integration, secondary vendor field

— U0042_PERCEPTION_GLARE — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— mtt_truth_min — минуты до полного пакета логов; порог-кандидатоперации: 29 (уточняется на FAT ячейки U0042).

— support_h_cell — часы поддержки / ячейка / неделя; порог-кандидатоперации: 31 (уточняется на FAT ячейки U0042).

— p95_latency_ms — p95 hot path; порог-кандидатоперации: 31 (уточняется на FAT ячейки U0042).

— incomplete_ep — доля эпизодов без обязательных полей; порог-кандидатоперации: 29 (уточняется на FAT ячейки U0042).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0042 и версию карты огра-

ничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «словарь метрик» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, mtt_truth_min, p95_latency_ms, teleop_flag.

4. Если support_h_cell хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0042 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про словарь метрик

— [ ] Коды U0042_PRIVACY_RAW, U0042_SPARE_STOCKOUT в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает mtt_truth_min и support_h_cell

— [ ] Тест отказа U0042 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «Tool-use на физическом устройстве».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0042 роликом demo-day.

Короткий вывод

«Tool-use на физическом устройстве» закрывается, когда фасет словарь метрик измерим, коды abort назначены и

canary умеет остановиться. Юнит U0042 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

Обучение на лету

Разбор «Обучение на лету» для Physical AI: стек, контракт, отказы, метрики, приёмка.

Место в стеке (U0043)

«Обучение на лету»: зафиксируйте входы/выходы и потребителей именно этого слоя; частота vs hot path; именной владелец U0043.

Отказы

Среда, калибровка, latency, конфликт. Детект → mode/abort → тест.

Внедрение

Узкий домен, регресс, shadow/canary, site profile. Cloud вне контакта.

Метрики

Latency p95, fixture error, intervention-free, near miss, полнота логов.

Чеклист

IDL. Health/age. Регресс. Canary. Preconditions. Карта ограничений.

Фокус этой главы (U0043)

Разбор «Обучение на лету» держится на фасете CMDB и BOM drift. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0043 первичная гипотеза — CMDB и BOM drift. Проверка: сравнить p95_latency_ms и calib_drift_px до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0043_SPARE_STOCKOUT — owner OT, secondary ML

— U0043_PERCEPTION_GLARE — owner integration, secondary vendor field

— U0043_TF_DRIFT — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— p95_latency_ms — p95 hot path; порог-кандидатоперации: 36 (уточняется на FAT ячейки U0043).

— calib_drift_px — drift target board, px; порог-кандидатоперации: 36 (уточняется на FAT ячейки U0043).

— support_h_cell — часы поддержки / ячейка / неделя; порог-кандидатоперации: 36 (уточняется на FAT ячейки U0043).

— teleop_share — доля циклов с teleop; порог-кандидатоперации: 30 (уточняется на FAT ячейки U0043).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0043 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «CMDB и BOM

drift» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, p95_latency_ms, support_h_cell, teleop_flag.

4. Если calib_drift_px хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0043 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про CMDB и BOM drift

— [ ] Коды U0043_SPARE_STOCKOUT, U0043_PERCEPTION_GLARE в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает p95_latency_ms и calib_drift_px

— [ ] Тест отказа U0043 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «Обучение на лету».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0043 роликом demo-day.

Короткий вывод

«Обучение на лету» закрывается, когда фасет CMDB и BOM drift измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0043 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

Человеческая обратная связь

Разбор «Человеческая обратная связь» для Physical AI: стек, контракт, отказы, метрики, приёмка.

Место в стеке (U0044)

«Человеческая обратная связь»: зафиксируйте входы/выходы и потребителей именно этого слоя; частота vs hot path; именной владелец U0044.

Отказы

Среда, калибровка, latency, конфликт. Детект → mode/abort → тест.

Внедрение

Узкий домен, регресс, shadow/canary, site profile. Cloud вне контакта.

Метрики

Latency p95, fixture error, intervention-free, near miss, полнота логов.

Чеклист

IDL. Health/age. Регресс. Canary. Preconditions. Карта ограничений.

Фокус этой главы (U0044)

Разбор «Человеческая обратная связь» держится на фасете калибровка и TF drift. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0044 первичная гипотеза — калибровка и TF drift. Проверка: сравнить teleop_share и stockout_hours до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0044_HASH_MISSING — owner OT, secondary ML

— U0044_LATENCY_BUDGET — owner integration, secondary vendor field

— U0044_SENSOR_AGE — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— teleop_share — доля циклов с teleop; порог-кандидатоперации: 6 (уточняется на FAT ячейки U0044).

— stockout_hours — часы простоя из-за spare; порог-кандидатоперации: 14 (уточняется на FAT ячейки U0044).

— incomplete_ep — доля эпизодов без обязательных полей; порог-кандидатоперации: 10 (уточняется на FAT ячейки U0044).

— age_p95_ms — p95 age сенсора в политике; порог-кандидатоперации: 38 (уточняется на FAT ячейки U0044).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0044 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «калибровка и TF drift» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, teleop_share, incomplete_ep, teleop_flag.

4. Если stockout_hours хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0044 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про калибровка и TF drift

— [ ] Коды U0044_HASH_MISSING, U0044_LATENCY_BUDGET в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает teleop_share и stockout_hours

— [ ] Тест отказа U0044 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «Человеческая обратная связь».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0044 роликом demo-day.

Короткий вывод

«Человеческая обратная связь» закрывается, когда фасет калибровка и TF drift измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0044 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

Композиция и обобщение навыков

Разбор «Композиция и обобщение навыков» для Physical AI: стек, контракт, отказы, метрики, приёмка.

Место в стеке (U0045)

«Композиция и обобщение навыков»: зафиксируйте входы/выходы и потребителей именно этого слоя; частота vs hot path; именной владелец U0045.

Отказы

Среда, калибровка, latency, конфликт. Детект → mode/abort → тест.

Внедрение

Узкий домен, регресс, shadow/canary, site profile. Cloud вне контакта.

Метрики

Latency p95, fixture error, intervention-free, near miss, полнота логов.

Чеклист

IDL. Health/age. Регресс. Canary. Preconditions. Карта ограничений.

Фокус этой главы (U0045)

Разбор «Композиция и обобщение навыков» держится на фасете WMS идемпотентность. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один

в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0045 первичная гипотеза — WMS идемпотентность. Проверка: сравнить age_p95_ms и stockout_hours до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0045_HASH_MISSING — owner OT, secondary ML

— U0045_LATENCY_BUDGET — owner integration, secondary vendor field

— U0045_SENSOR_AGE — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— age_p95_ms — p95 age сенсора в политике; порог-кандидатоперации: 8 (уточняется на FAT ячейки U0045).

— stockout_hours — часы простоя из-за spare; порог-кандидатоперации: 28 (уточняется на FAT ячейки U0045).

— near_miss — near miss / 1000 циклов; порог-кандидатоперации: 43 (уточняется на FAT ячейки U0045).

— success_night — доля успешных циклов ночью; порог-кандидатоперации: 23 (уточняется на FAT ячейки U0045).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0045 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «WMS идемпо-

тентность» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, age_p95_ms, near_miss, teleop_flag.

4. Если stockout_hours хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0045 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про WMS идемпотентность

— [ ] Коды U0045_HASH_MISSING, U0045_LATENCY_BUDGET в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает age_p95_ms и stockout_hours

— [ ] Тест отказа U0045 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «Композиция и обобщение навыков».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0045 роликом demo-day.

Короткий вывод

«Композиция и обобщение навыков» закрывается, когда фасет WMS идемпотентность измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0045 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

Оценка и валидация политик

Сравнение политик без протокола — спор о роликах. Нужны fixture, ночь, DEGRADED, запрет подталкивания, одинаковый done. Глава — протокол A/B и статистика без ложной точности.

Протокол

N циклов, фиксированные сцены, seed порядка, лог mode/teleop. Pre-registered метрики.

Статистика

Не объявляйте победу по 20 циклам без оговорок. Смотрите дисперсию и хвост.

Vendor

Один протокол на всех. Отказ логировать age — дисквалификация.

Внедрение на пилоте: «19. Оценка интеллектуального поведения»

Назначьте владельца до закупки. Соберите 20–50 реальных сцен сайта в регресс (день/ночь/сбой). Любой релиз — canary и смотр near miss + age. Словарь эскалаций смены обязан содержать коды этого слоя. На втором сайте не копируйте конфиг до обновления карты ограничений. Если success растёт вместе со скрытым teleop — откат, не новый backbone. Еженедельно: время до правды и доля эпизодов с полной конфигурацией. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора

красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитекту-

ры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary

с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age —

до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age —

торов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запре-

щён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Поме-

чайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/

field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом срав-

нении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Вла-

делец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест от-

каза важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора

красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитекту-

ры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary

с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age —

до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age —

торов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запре-

щён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Поме-

чайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/

field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик. Владелец слоя и тест отказа важнее выбора красивой архитектуры на слайде. Canary с near miss и age — до GA; mute мониторов на демо запрещён уставом. Помечайте среду lab/cell/field в каждом сравнении политик.

Координатные системы и кинематические цепи

Разбор «Координатные системы и кинематические цепи» для Physical AI: стек, контракт, отказы, метрики, приёмка.

Место в стеке (U0047)

«Координатные системы и кинематические цепи»: зафиксируйте входы/выходы и потребителей именно этого слоя; частота vs hot path; именной владелец U0047.

Отказы

Среда, калибровка, latency, конфликт. Детект → mode/abort → тест.

Внедрение

Узкий домен, регресс, shadow/canary, site profile. Cloud вне контакта.

Метрики

Latency p95, fixture error, intervention-free, near miss, полнота логов.

Чеклист

IDL. Health/age. Регресс. Canary. Preconditions. Карта ограничений.

Фокус этой главы (U0047)

Разбор «Координатные системы и кинематические цепи» держится на фасете safety supervisor vs ML. Соседние кейсы

могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0047 первичная гипотеза — safety supervisor vs ML. Проверка: сравнить calib_drift_px и near_miss до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0047_TF_DRIFT — owner OT, secondary ML

— U0047_TELEOP_HIDDEN — owner integration, secondary vendor field

— U0047_HASH_MISSING — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— calib_drift_px — drift target board, px; порог-кандидатоперации: 34 (уточняется на FAT ячейки U0047).

— near_miss — near miss / 1000 циклов; порог-кандидатоперации: 39 (уточняется на FAT ячейки U0047).

— age_p95_ms — p95 age сенсора в политике; порог-кандидатоперации: 6 (уточняется на FAT ячейки U0047).

— stockout_hours — часы простоя из-за spare; порог-кандидатоперации: 34 (уточняется на FAT ячейки U0047).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0047 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «safety supervisor vs ML» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, calib_drift_px, age_p95_ms, teleop_flag.

4. Если near_miss хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0047 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про safety supervisor vs ML

— [ ] Коды U0047_TF_DRIFT, U0047_TELEOP_HIDDEN в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает calib_drift_px и near_miss

— [ ] Тест отказа U0047 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «Координатные системы и кинематические цепи».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0047 роликом demo-day.

Короткий вывод

«Координатные системы и кинематические цепи» закрывается, когда фасет safety supervisor vs ML измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0047

— самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

Прямая и обратная кинематика

Разбор «Прямая и обратная кинематика» для Physical AI: стек, контракт, отказы, метрики, приёмка.

Место в стеке (U0048)

«Прямая и обратная кинематика»: зафиксируйте входы/выходы и потребителей именно этого слоя; частота vs hot path; именной владелец U0048.

Отказы

Среда, калибровка, latency, конфликт. Детект → mode/abort → тест.

Внедрение

Узкий домен, регресс, shadow/canary, site profile. Cloud вне контакта.

Метрики

Latency p95, fixture error, intervention-free, near miss, полнота логов.

Чеклист

IDL. Health/age. Регресс. Canary. Preconditions. Карта ограничений.

Фокус этой главы (U0048)

Разбор «Прямая и обратная кинематика» держится на фасете MVP 90 дней. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0048 первичная гипотеза — MVP 90 дней. Проверка: сравнить mtt_truth_min и near_miss до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0048_PRIVACY_RAW — owner OT, secondary ML

— U0048_SPARE_STOCKOUT — owner integration, secondary vendor field

— U0048_PERCEPTION_GLARE — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— mtt_truth_min — минуты до полного пакета логов; порог-кандидатоперации: 37 (уточняется на FAT ячейки U0048).

— near_miss — near miss / 1000 циклов; порог-кандидатоперации: 5 (уточняется на FAT ячейки U0048).

— p95_latency_ms — p95 hot path; порог-кандидатоперации: 5 (уточняется на FAT ячейки U0048).

— stockout_hours — часы простоя из-за spare; порог-кандидатоперации: 5 (уточняется на FAT ячейки U0048).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0048 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «MVP 90 дней»

на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, mtt_truth_min, p95_latency_ms, teleop_flag.

4. Если near_miss хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0048 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про MVP 90 дней

— [ ] Коды U0048_PRIVACY_RAW, U0048_SPARE_STOCKOUT в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает mtt_truth_min и near_miss

— [ ] Тест отказа U0048 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «Прямая и обратная кинематика».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0048 роликом demo-day.

Короткий вывод

«Прямая и обратная кинематика» закрывается, когда фасет MVP 90 дней измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0048 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

Динамика твёрдого тела и манипулятора

Кинематика говорит, куда дотянется звено. Динамика — какие моменты нужны, чтобы туда дойти без удара и вибрации. Политика, игнорирующая инерцию и обратный момент при контакте, в симе гладкая, на железе рвёт редуктор. Глава — что PM/ML обязаны учитывать: инерция инструмента, ограничения момента, влияние полезной нагрузки.

Инерция и payload

Смена гриппера+деталь меняет динамику. tool_id и оценка массы в карточке SKU. Иначе tracking error растёт «внезапно».

Обратные моменты при контакте

Жёсткий setpoint в контакт → пик силы. Импеданс/admittance и force limit обязательны.

Идентификация

Грубые оценки параметров лучше нуля. Онлайн-идентификация — осторожно, с envelope.

Пилотные правила для «7. Динамика и распределение сил»

Владелец слоя до закупки. Регресс из сцен сайта (день/ночь/сбой). Релиз только через canary с near miss и age. Коды эскалаций смены включают этот слой. Второй сайт — по-

сле обновления карты ограничений. Success↑ при скрытом teleop↑ = откат. Еженедельно: время до правды и полнота конфигурации в эпизодах.

Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary

с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Поме-

чайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограни-

чений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитек-

туры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запре-

щён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без кар-

ты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда

архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute монито-

ров запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг

без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее

слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute

мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте

конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа

важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA;

mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копи-

руйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест

отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age

до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field;

не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя

и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений.

Сервоприводы и редукторы на практике

Люфт, люфт после износа, нагрев, encoder fault. Глава — сервисные интервалы, derating, связь с policy late ночью.

Симптомы

Tracking error ↑ при тех же весах → сначала механика/тепло, потом ML.

Фокус этой главы (U0050)

Разбор «Сервоприводы и редукторы на практике» держится на фасете config hash и audit. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0050 первичная гипотеза — config hash и audit. Проверка: сравнить success_night и incomplete_ep до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0050_PERCEPTION_GLARE — owner OT, secondary ML

— U0050_TF_DRIFT — owner integration, secondary vendor field

— U0050_TELEOP_HIDDEN — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— success_night — доля успешных циклов ночью; порог-кандидатоперации: 35 (уточняется на FAT ячейки U0050).

— incomplete_ep — доля эпизодов без обязательных полей; порог-кандидатоперации: 35 (уточняется на FAT ячейки U0050).

— stockout_hours — часы простоя из-за spare; порог-кандидатоперации: 5 (уточняется на FAT ячейки U0050).

— calib_drift_px — drift target board, px; порог-кандидатоперации: 5 (уточняется на FAT ячейки U0050).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0050 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «config hash и audit» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, success_night, stockout_hours, teleop_flag.

4. Если incomplete_ep хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0050 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про config hash и audit

— [ ] Коды U0050_PERCEPTION_GLARE, U0050_TF_DRIFT в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает success_night и incomplete_ep

— [ ] Тест отказа U0050 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «Сервоприводы и редукторы на практике».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0050 роликом demo-day.

Короткий вывод

«Сервоприводы и редукторы на практике» закрывается, когда фасет config hash и audit измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0050 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

Редукторы, люфты и передаточные механизмы

Практический разбор «Редукторы, люфты и передаточные механизмы» для Physical AI: стек, контракт, отказы, метрики, приёмка.

Место в стеке

Входы/выходы, потребители, частота vs hot path. Владелец.

Отказы

Среда, калибровка, latency, конфликт. Детект → mode/abort → тест.

Внедрение

Узкий домен, регресс, shadow/canary, site profile. Cloud вне контакта.

Метрики

Latency p95, fixture error, intervention-free, near miss, полнота логов.

Чеклист

IDL. Health/age. Регресс. Canary. Preconditions. Карта ограничений.

Фокус этой главы (U0051)

Разбор «Редукторы, люфты и передаточные механизмы» держится на фасете change ticket среды. Соседние кейсы мо-

гут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0051 первичная гипотеза — change ticket среды. Проверка: сравнить mtt_truth_min и age_p95_ms до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0051_SPARE_STOCKOUT — owner OT, secondary ML

— U0051_PERCEPTION_GLARE — owner integration, secondary vendor field

— U0051_TF_DRIFT — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— mtt_truth_min — минуты до полного пакета логов; порог-кандидатоперации: 7 (уточняется на FAT ячейки U0051).

— age_p95_ms — p95 age сенсора в политике; порог-кандидатоперации: 14 (уточняется на FAT ячейки U0051).

— support_h_cell — часы поддержки / ячейка / неделя; порог-кандидатоперации: 18 (уточняется на FAT ячейки U0051).

— p95_latency_ms — p95 hot path; порог-кандидатоперации: 18 (уточняется на FAT ячейки U0051).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0051 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «change ticket среды» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, mtt_truth_min, support_h_cell, teleop_flag.

4. Если age_p95_ms хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0051 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про change ticket среды

— [ ] Коды U0051_SPARE_STOCKOUT, U0051_PERCEPTION_GLARE в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает mtt_truth_min и age_p95_ms

— [ ] Тест отказа U0051 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «Редукторы, люфты и передаточные механизмы».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0051 роликом demo-day.

Короткий вывод

«Редукторы, люфты и передаточные механизмы» закрывается, когда фасет change ticket среды измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0051 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

Питание, батареи, энергоменеджмент

Просадки при одновременном рывке, SoC, термо. battery_low → dock. Глава — профили мощности compute vs motion.

Политика

Не стартовать длинный plan при низком SoC. Логировать power events рядом с abort.

Фокус этой главы (U0052)

Разбор «Питание, батареи, энергоменеджмент» держится на фасете acceptance criteria. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0052 первичная гипотеза — acceptance criteria. Проверка: сравнить incomplete_ep и mtt_truth_min до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0052_FORCE_MUTE — owner OT, secondary ML

— U0052_WMS_DUP_CMD — owner integration, secondary vendor field

— U0052_PRIVACY_RAW — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— incomplete_ep — доля эпизодов без обязательных полей; порог-кандидатоперации: 27 (уточняется на FAT ячейки U0052).

— mtt_truth_min — минуты до полного пакета логов; порог-кандидатоперации: 27 (уточняется на FAT ячейки U0052).

— teleop_share — доля циклов с teleop; порог-кандидатоперации: 15 (уточняется на FAT ячейки U0052).

— calib_drift_px — drift target board, px; порог-кандидатоперации: 39 (уточняется на FAT ячейки U0052).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0052 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «acceptance criteria» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, incomplete_ep, teleop_share, teleop_flag.

4. Если mtt_truth_min хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0052 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про acceptance criteria

— [ ] Коды U0052_FORCE_MUTE,

U0052_WMS_DUP_CMD в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает incomplete_ep и mtt_truth_min

— [ ] Тест отказа U0052 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «Питание, батареи, энергоменеджмент».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0052 роликом demo-day.

Короткий вывод

«Питание, батареи, энергоменеджмент» закрывается, когда фасет acceptance criteria измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0052 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

Материалы и конструктивные компромиссы

Практический разбор «Материалы и конструктивные компромиссы» для Physical AI: стек, контракт, отказы, метрики, приёмка.

Место в стеке

Входы/выходы, потребители, частота vs hot path. Владелец.

Отказы

Среда, калибровка, latency, конфликт. Детект → mode/abort → тест.

Внедрение

Узкий домен, регресс, shadow/canary, site profile. Cloud вне контакта.

Метрики

Latency p95, fixture error, intervention-free, near miss, полнота логов.

Чеклист

IDL. Health/age. Регресс. Canary. Preconditions. Карта ограничений.

Фокус этой главы (U0053)

Разбор «Материалы и конструктивные компромиссы» держится на фасете force limits. Соседние кейсы могут зву-

чать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0053 первичная гипотеза — force limits. Проверка: сравнить calib_drift_px и p95_latency_ms до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0053_TELEOP_HIDDEN — owner OT, secondary ML

— U0053_HASH_MISSING — owner integration, secondary vendor field

— U0053_LATENCY_BUDGET — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— calib_drift_px — drift target board, px; порог-кандидатоперации: 39 (уточняется на FAT ячейки U0053).

— p95_latency_ms — p95 hot path; порог-кандидатоперации: 39 (уточняется на FAT ячейки U0053).

— age_p95_ms — p95 age сенсора в политике; порог-кандидатоперации: 27 (уточняется на FAT ячейки U0053).

— stockout_hours — часы простоя из-за spare; порог-кандидатоперации: 39 (уточняется на FAT ячейки U0053).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0053 и версию карты огра-

ничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «force limits» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, calib_drift_px, age_p95_ms, teleop_flag.

4. Если p95_latency_ms хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0053 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про force limits

— [ ] Коды U0053_TELEOP_HIDDEN, U0053_HASH_MISSING в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает calib_drift_px и p95_latency_ms

— [ ] Тест отказа U0053 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «Материалы и конструктивные компромиссы».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0053 роликом demo-day.

Короткий вывод

«Материалы и конструктивные компромиссы» закрывается, когда фасет force limits измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0053 — самостоятель-

ный evidence pack, не клон соседнего.

Баланс и центр масс

Для мобильной базы и манипулятора с полезной нагрузкой баланс — ограничение горячего контура, не слайд. Смещение COM после смены tooling ломает и navigation margin, и force limits.

Что измерять (U0054)

— COM estimate vs payload sheet

— Tip-over margin на заявленных уклонах

— Регресс после замены gripper/tool

— Алерты при несовпадении payload_id в CMDB

Отказной тест

Установите tooling тяжелее sheet на canary (в безопасной зоне) — система должна уйти в abort/limit, не «адаптироваться» весами политики.

Связь

Functional safety (отдельная глава) задаёт certified стопы; здесь — физика устойчивости и payload hygiene. Маркер BAL-0054.

Управление положением, скоростью, силом

Каскад: position/velocity loops вендора + внешний impedance/force. ML обычно сидит снаружи каскада. Глава — куда встраивать политику и почему нельзя обходить внутренние лимиты драйвера.

Точки встраивания

Cartesian impedance reference. Velocity in tool frame. Редко — прямой ток, и только с щитом.

Настройка

Не крутите gains политики вместе с серво без OT. Change class разный.

Пилотные правила для «13. Планирование и управление ходьбой»

Владелец слоя до закупки. Регресс из сцен сайта (день/ночь/сбой). Релиз только через canary с near miss и age. Коды эскалаций смены включают этот слой. Второй сайт — после обновления карты ограничений. Success↑ при скрытом teleop↑ = откат. Еженедельно: время до правды и полнота конфигурации в эпизодах.

Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без кар-

ты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда

архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute монито-

ров запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг

без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее

слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute

мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте

конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа

важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA;

mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копи-

руйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест

отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age

до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field;

не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя

и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss

и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/

field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец

слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near

miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/

cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Вла-

делец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений. Владелец слоя и тест отказа важнее слайда архитектуры. Canary с near miss и age до GA; mute мониторов запрещён. Помечайте lab/cell/field; не копируйте конфиг без карты ограничений.

Захват и манипуляция

Практический разбор «Захват и манипуляция» для Physical AI: стек, контракт, отказы, метрики, приёмка.

Место в стеке

Входы/выходы, потребители, частота vs hot path. Владелец.

Отказы

Среда, калибровка, latency, конфликт. Детект → mode/abort → тест.

Внедрение

Узкий домен, регресс, shadow/canary, site profile. Cloud вне контакта.

Метрики

Latency p95, fixture error, intervention-free, near miss, полнота логов.

Чеклист

IDL. Health/age. Регресс. Canary. Preconditions. Карта ограничений.

Фокус этой главы (U0056)

Разбор «Захват и манипуляция» держится на фасете WMS идемпотентность. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0056 первичная гипотеза — WMS идемпотентность. Проверка: сравнить success_night и incomplete_ep до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0056_PERCEPTION_GLARE — owner OT, secondary ML

— U0056_TF_DRIFT — owner integration, secondary vendor field

— U0056_TELEOP_HIDDEN — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— success_night — доля успешных циклов ночью; порог-кандидатоперации: 33 (уточняется на FAT ячейки U0056).

— incomplete_ep — доля эпизодов без обязательных полей; порог-кандидатоперации: 33 (уточняется на FAT ячейки U0056).

— near_miss — near miss / 1000 циклов; порог-кандидатоперации: 9 (уточняется на FAT ячейки U0056).

— calib_drift_px — drift target board, px; порог-кандидатоперации: 9 (уточняется на FAT ячейки U0056).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0056 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «WMS идемпо-

тентность» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, success_night, near_miss, teleop_flag.

4. Если incomplete_ep хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0056 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про WMS идемпотентность

— [ ] Коды U0056_PERCEPTION_GLARE, U0056_TF_DRIFT в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает success_night и incomplete_ep

— [ ] Тест отказа U0056 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «Захват и манипуляция».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0056 роликом demo-day.

Короткий вывод

«Захват и манипуляция» закрывается, когда фасет WMS идемпотентность измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0056 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

Кисти и многопальцевый захват

Многопальцевая кисть увеличивает число контактов и размер наблюдения. Без тактильности и хорошего tool model политика легко мнёт объект. Глава — сенсорный минимум, представления контакта, когда кисть не стоит бюджета пилота.

Сенсоры

Тактильные матрицы или хотя бы плотный force на фалангах. Проприо пальцев со stamp. Калибровка после замены кожи пальца.

Представления

Контактные патчи, wrench суммарный, primitive grasp types. Не тащите сырые 1000 такт-точек в LLM.

Экономика

Сервис кисти и data budget часто убивают TCO раньше, чем появится выигрыш vs gripper на ваших SKU.

Фокус этой главы (U0057)

Разбор «Кисти и многопальцевый захват» держится на фасете change ticket среды. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0057 первичная гипотеза — change ticket сре-

ды. Проверка: сравнить stockout_hours и calib_drift_px до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0057_SENSOR_AGE — owner OT, secondary ML

— U0057_FORCE_MUTE — owner integration, secondary vendor field

— U0057_WMS_DUP_CMD — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— stockout_hours — часы простоя из-за spare; порог-кандидатоперации: 38 (уточняется на FAT ячейки U0057).

— calib_drift_px — drift target board, px; порог-кандидатоперации: 38 (уточняется на FAT ячейки U0057).

— support_h_cell — часы поддержки / ячейка / неделя; порог-кандидатоперации: 38 (уточняется на FAT ячейки U0057).

— age_p95_ms — p95 age сенсора в политике; порог-кандидатоперации: 10 (уточняется на FAT ячейки U0057).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0057 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «change ticket среды» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, stockout_hours, support_h_cell, teleop_flag.

4. Если calib_drift_px хуже порога — rollback тем же пай-

плайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0057 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про change ticket среды

— [ ] Коды U0057_SENSOR_AGE, U0057_FORCE_MUTE в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает stockout_hours и calib_drift_px

— [ ] Тест отказа U0057 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «Кисти и многопальцевый захват».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0057 роликом demo-day.

Короткий вывод

«Кисти и многопальцевый захват» закрывается, когда фасет change ticket среды измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0057 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

Grippers и специализированная оснастка

Разбор «Grippers и специализированная оснастка» для Physical AI: стек, контракт, отказы, метрики, приёмка.

Место в стеке

Входы/выходы, потребители, частота vs hot path. Владелец.

Отказы

Среда, калибровка, latency, конфликт. Детект → mode/abort → тест.

Внедрение

Узкий домен, регресс, shadow/canary, site profile. Cloud вне контакта.

Метрики

Latency p95, fixture error, intervention-free, near miss, полнота логов.

Чеклист

IDL. Health/age. Регресс. Canary. Preconditions. Карта ограничений.

Фокус этой главы (U0058)

Разбор «Grippers и специализированная оснастка» держится на фасете тендерные дисквалификаторы. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-

коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0058 первичная гипотеза — тендерные дисквалификаторы. Проверка: сравнить teleop_share и incomplete_ep до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0058_HASH_MISSING — owner OT, secondary ML

— U0058_LATENCY_BUDGET — owner integration, secondary vendor field

— U0058_SENSOR_AGE — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— teleop_share — доля циклов с teleop; порог-кандидатоперации: 44 (уточняется на FAT ячейки U0058).

— incomplete_ep — доля эпизодов без обязательных полей; порог-кандидатоперации: 22 (уточняется на FAT ячейки U0058).

— mtt_truth_min — минуты до полного пакета логов; порог-кандидатоперации: 22 (уточняется на FAT ячейки U0058).

— success_night — доля успешных циклов ночью; порог-кандидатоперации: 22 (уточняется на FAT ячейки U0058).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0058 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «тендерные дисквалификаторы» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, teleop_share, mtt_truth_min, teleop_flag.

4. Если incomplete_ep хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0058 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про тендерные дисквалификаторы

— [ ] Коды U0058_HASH_MISSING, U0058_LATENCY_BUDGET в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает teleop_share и incomplete_ep

— [ ] Тест отказа U0058 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «Grippers и специализированная оснастка».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0058 роликом demo-day.

Короткий вывод

«Grippers и специализированная оснастка» закрывается, когда фасет тендерные дисквалификаторы измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0058 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

Износ, люфт, обслуживание механики

Success тает на 3-й неделе из-за пальцев и люфта, не из-за «забывания сети». Глава — счётчики циклов, регламенты, tool wear в distribution shift.

Регламент

Осмотр, замена, рекалибровка TCP. Связь с dataset tool_id.

Фокус этой главы (U0059)

Разбор «Износ, люфт, обслуживание механики» держится на фасете dual-use screening. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0059 первичная гипотеза — dual-use screening. Проверка: сравнить calib_drift_px и p95_latency_ms до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0059_HASH_MISSING — owner OT, secondary ML

— U0059_LATENCY_BUDGET — owner integration, secondary vendor field

— U0059_SENSOR_AGE — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— calib_drift_px — drift target board, px; порог-кандидатоперации: 44 (уточняется на FAT ячейки U0059).

— p95_latency_ms — p95 hot path; порог-кандидатоперации: 44 (уточняется на FAT ячейки U0059).

— stockout_hours — часы простоя из-за spare; порог-кандидатоперации: 44 (уточняется на FAT ячейки U0059).

— success_night — доля успешных циклов ночью; порог-кандидатоперации: 25 (уточняется на FAT ячейки U0059).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0059 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «dual-use screening» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, calib_drift_px, stockout_hours, teleop_flag.

4. Если p95_latency_ms хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0059 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про dual-use screening

— [ ] Коды U0059_HASH_MISSING,

U0059_LATENCY_BUDGET в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает calib_drift_px и p95_latency_ms

— [ ] Тест отказа U0059 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «Износ, люфт, обслуживание механики».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0059 роликом demo-day.

Короткий вывод

«Износ, люфт, обслуживание механики» закрывается, когда фасет dual-use screening измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0059 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

Эргономика и дизайн для обслуживания

Разбор «Эргономика и дизайн для обслуживания» для Physical AI: стек, контракт, отказы, метрики, приёмка.

Место в стеке

Входы/выходы, потребители, частота vs hot path. Владелец.

Отказы

Среда, калибровка, latency, конфликт. Детект → mode/abort → тест.

Внедрение

Узкий домен, регресс, shadow/canary, site profile. Cloud вне контакта.

Метрики

Latency p95, fixture error, intervention-free, near miss, полнота логов.

Чеклист

IDL. Health/age. Регресс. Canary. Preconditions. Карта ограничений.

Фокус этой главы (U0060)

Разбор «Эргономика и дизайн для обслуживания» держится на фасете FAT/SAT числа. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие

пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0060 первичная гипотеза — FAT/SAT числа. Проверка: сравнить teleop_share и p95_latency_ms до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0060_HASH_MISSING — owner OT, secondary ML

— U0060_LATENCY_BUDGET — owner integration, secondary vendor field

— U0060_SENSOR_AGE — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— teleop_share — доля циклов с teleop; порог-кандидатоперации: 18 (уточняется на FAT ячейки U0060).

— p95_latency_ms — p95 hot path; порог-кандидатоперации: 18 (уточняется на FAT ячейки U0060).

— success_night — доля успешных циклов ночью; порог-кандидатоперации: 38 (уточняется на FAT ячейки U0060).

— incomplete_ep — доля эпизодов без обязательных полей; порог-кандидатоперации: 38 (уточняется на FAT ячейки U0060).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0060 и версию карты огра-

ничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «FAT/SAT числа» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, teleop_share, success_night, teleop_flag.

4. Если p95_latency_ms хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0060 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про FAT/SAT числа

— [ ] Коды U0060_HASH_MISSING, U0060_LATENCY_BUDGET в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает teleop_share и p95_latency_ms

— [ ] Тест отказа U0060 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «Эргономика и дизайн для обслуживания».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0060 роликом demo-day.

Короткий вывод

«Эргономика и дизайн для обслуживания» закрывается, когда фасет FAT/SAT числа измерим, коды abort назначены

и canary умеет остановиться. Юнит U0060 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

Мехатронная интеграция платформы

Разбор «Мехатронная интеграция платформы» для Physical AI: стек, контракт, отказы, метрики, приёмка.

Место в стеке

Входы/выходы, потребители, частота vs hot path. Владелец.

Отказы

Среда, калибровка, latency, конфликт. Детект → mode/abort → тест.

Внедрение

Узкий домен, регресс, shadow/canary, site profile. Cloud вне контакта.

Метрики

Latency p95, fixture error, intervention-free, near miss, полнота логов.

Чеклист

IDL. Health/age. Регресс. Canary. Preconditions. Карта ограничений.

Фокус этой главы (U0061)

Разбор «Мехатронная интеграция платформы» держится на фасете unit economics. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и

другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0061 первичная гипотеза — unit economics. Проверка: сравнить mtt_truth_min и calib_drift_px до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0061_SPARE_STOCKOUT — owner OT, secondary ML

— U0061_PERCEPTION_GLARE — owner integration, secondary vendor field

— U0061_TF_DRIFT — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— mtt_truth_min — минуты до полного пакета логов; порог-кандидатоперации: 27 (уточняется на FAT ячейки U0061).

— calib_drift_px — drift target board, px; порог-кандидатоперации: 8 (уточняется на FAT ячейки U0061).

— support_h_cell — часы поддержки / ячейка / неделя; порог-кандидатоперации: 8 (уточняется на FAT ячейки U0061).

— stockout_hours — часы простоя из-за spare; порог-кандидатоперации: 8 (уточняется на FAT ячейки U0061).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0061 и версию карты огра-

ничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «unit economics» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, mtt_truth_min, support_h_cell, teleop_flag.

4. Если calib_drift_px хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0061 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про unit economics

— [ ] Коды U0061_SPARE_STOCKOUT, U0061_PERCEPTION_GLARE в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает mtt_truth_min и calib_drift_px

— [ ] Тест отказа U0061 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «Мехатронная интеграция платформы».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0061 роликом demo-day.

Короткий вывод

«Мехатронная интеграция платформы» закрывается, когда фасет unit economics измерим, коды abort назначены и

canary умеет остановиться. Юнит U0061 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

Зачем роботам симуляторы

Разбор «Зачем роботам симуляторы» для Physical AI: стек, контракт, отказы, метрики, приёмка.

Место в стеке

Входы/выходы, потребители, частота vs hot path. Владелец.

Отказы

Среда, калибровка, latency, конфликт. Детект → mode/abort → тест.

Внедрение

Узкий домен, регресс, shadow/canary, site profile. Cloud вне контакта.

Метрики

Latency p95, fixture error, intervention-free, near miss, полнота логов.

Чеклист

IDL. Health/age. Регресс. Canary. Preconditions. Карта ограничений.

Фокус этой главы (U0062)

Разбор «Зачем роботам симуляторы» держится на фасете словарь метрик. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0062 первичная гипотеза — словарь метрик. Проверка: сравнить incomplete_ep и age_p95_ms до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0062_FORCE_MUTE — owner OT, secondary ML

— U0062_WMS_DUP_CMD — owner integration, secondary vendor field

— U0062_PRIVACY_RAW — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— incomplete_ep — доля эпизодов без обязательных полей; порог-кандидатоперации: 27 (уточняется на FAT ячейки U0062).

— age_p95_ms — p95 age сенсора в политике; порог-кандидатоперации: 41 (уточняется на FAT ячейки U0062).

— support_h_cell — часы поддержки / ячейка / неделя; порог-кандидатоперации: 9 (уточняется на FAT ячейки U0062).

— near_miss — near miss / 1000 циклов; порог-кандидатоперации: 19 (уточняется на FAT ячейки U0062).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0062 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «словарь метрик» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, incomplete_ep, support_h_cell, teleop_flag.

4. Если age_p95_ms хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0062 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про словарь метрик

— [ ] Коды U0062_FORCE_MUTE, U0062_WMS_DUP_CMD в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает incomplete_ep и age_p95_ms

— [ ] Тест отказа U0062 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «Зачем роботам симуляторы».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0062 роликом demo-day.

Короткий вывод

«Зачем роботам симуляторы» закрывается, когда фасет словарь метрик измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0062 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

Физические движки и модели мира

Разбор «Физические движки и модели мира» для Physical AI: стек, контракт, отказы, метрики, приёмка.

Место в стеке

Входы/выходы, потребители, частота vs hot path. Владелец.

Отказы

Среда, калибровка, latency, конфликт. Детект → mode/abort → тест.

Внедрение

Узкий домен, регресс, shadow/canary, site profile. Cloud вне контакта.

Метрики

Latency p95, fixture error, intervention-free, near miss, полнота логов.

Чеклист

IDL. Health/age. Регресс. Canary. Preconditions. Карта ограничений.

Фокус этой главы (U0063)

Разбор «Физические движки и модели мира» держится на фасете unit economics. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0063 первичная гипотеза — unit economics. Проверка: сравнить stockout_hours и support_h_cell до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0063_SENSOR_AGE — owner OT, secondary ML

— U0063_FORCE_MUTE — owner integration, secondary vendor field

— U0063_WMS_DUP_CMD — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— stockout_hours — часы простоя из-за spare; порог-кандидатоперации: 42 (уточняется на FAT ячейки U0063).

— support_h_cell — часы поддержки / ячейка / неделя; порог-кандидатоперации: 42 (уточняется на FAT ячейки U0063).

— calib_drift_px — drift target board, px; порог-кандидатоперации: 42 (уточняется на FAT ячейки U0063).

— mtt_truth_min — минуты до полного пакета логов; порог-кандидатоперации: 19 (уточняется на FAT ячейки U0063).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0063 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «unit economics» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, stockout_hours, calib_drift_px, teleop_flag.

4. Если support_h_cell хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0063 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про unit economics

— [ ] Коды U0063_SENSOR_AGE, U0063_FORCE_MUTE в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает stockout_hours и support_h_cell

— [ ] Тест отказа U0063 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «Физические движки и модели мира».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0063 роликом demo-day.

Короткий вывод

«Физические движки и модели мира» закрывается, когда фасет unit economics измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0063 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

Сценарии, рандомизация и domain variation

Разбор «Сценарии, рандомизация и domain variation» для Physical AI: стек, контракт, отказы, метрики, приёмка.

Место в стеке

Входы/выходы, потребители, частота vs hot path. Владелец.

Отказы

Среда, калибровка, latency, конфликт. Детект → mode/abort → тест.

Внедрение

Узкий домен, регресс, shadow/canary, site profile. Cloud вне контакта.

Метрики

Latency p95, fixture error, intervention-free, near miss, полнота логов.

Чеклист

IDL. Health/age. Регресс. Canary. Preconditions. Карта ограничений.

Фокус этой главы (U0064)

Разбор «Сценарии, рандомизация и domain variation» держится на фасете change ticket среды. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, дру-

гие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0064 первичная гипотеза — change ticket среды. Проверка: сравнить mtt_truth_min и calib_drift_px до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0064_PERCEPTION_GLARE — owner OT, secondary ML

— U0064_TF_DRIFT — owner integration, secondary vendor field

— U0064_TELEOP_HIDDEN — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— mtt_truth_min — минуты до полного пакета логов; порог-кандидатоперации: 27 (уточняется на FAT ячейки U0064).

— calib_drift_px — drift target board, px; порог-кандидатоперации: 11 (уточняется на FAT ячейки U0064).

— stockout_hours — часы простоя из-за spare; порог-кандидатоперации: 11 (уточняется на FAT ячейки U0064).

— success_night — доля успешных циклов ночью; порог-кандидатоперации: 27 (уточняется на FAT ячейки U0064).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0064 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «change ticket среды» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, mtt_truth_min, stockout_hours, teleop_flag.

4. Если calib_drift_px хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0064 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про change ticket среды

— [ ] Коды U0064_PERCEPTION_GLARE, U0064_TF_DRIFT в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает mtt_truth_min и calib_drift_px

— [ ] Тест отказа U0064 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «Сценарии, рандомизация и domain variation».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0064 роликом demo-day.

Короткий вывод

«Сценарии, рандомизация и domain variation» закрывает-

ся, когда фасет change ticket среды измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0064 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

Sim-to-real gap на практике

Gap — список расхождений: задержка, люфт, трение, контакт, освещение, износ. Закрывают замером и рандомом, не лозунгом. Глава — таблица gap, что рандомить, когда сим нельзя ставить gate релиза.

Таблица gap

Параметр → замер железа → диапазон в симе → владелец. Пустая строка = скрытый риск.

Gate

Релиз только после iron table на тех же сценах. Sim success без железа — запрет устава.

Фокус этой главы (U0065)

Разбор «Sim-to-real gap на практике» держится на фасете fleet spare kit. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0065 первичная гипотеза — fleet spare kit. Проверка: сравнить stockout_hours и teleop_share до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0065_SENSOR_AGE — owner OT, secondary ML

— U0065_FORCE_MUTE — owner integration, secondary

vendor field

— U0065_WMS_DUP_CMD — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— stockout_hours — часы простоя из-за spare; порог-кандидатоперации: 40 (уточняется на FAT ячейки U0065).

— teleop_share — доля циклов с teleop; порог-кандидатоперации: 30 (уточняется на FAT ячейки U0065).

— calib_drift_px — drift target board, px; порог-кандидатоперации: 40 (уточняется на FAT ячейки U0065).

— age_p95_ms — p95 age сенсора в политике; порог-кандидатоперации: 20 (уточняется на FAT ячейки U0065).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0065 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «fleet spare kit» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, stockout_hours, calib_drift_px, teleop_flag.

4. Если teleop_share хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0065 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про fleet spare kit

— [ ] Коды U0065_SENSOR_AGE, U0065_FORCE_MUTE в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает stockout_hours и teleop_share

— [ ] Тест отказа U0065 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «Sim-to-real gap на практике».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0065 роликом demo-day.

Короткий вывод

«Sim-to-real gap на практике» закрывается, когда фасет fleet spare kit измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0065 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

Калибровка симулятора по железу

Разбор «Калибровка симулятора по железу» для Physical AI: стек, контракт, отказы, метрики, приёмка.

Место в стеке

Входы/выходы, потребители, частота vs hot path. Владелец.

Отказы

Среда, калибровка, latency, конфликт. Детект → mode/abort → тест.

Внедрение

Узкий домен, регресс, shadow/canary, site profile. Cloud вне контакта.

Метрики

Latency p95, fixture error, intervention-free, near miss, полнота логов.

Чеклист

IDL. Health/age. Регресс. Canary. Preconditions. Карта ограничений.

Фокус этой главы (U0066)

Разбор «Калибровка симулятора по железу» держится на фасете постмортем пакет. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0066 первичная гипотеза — постмортем пакет. Проверка: сравнить near_miss и age_p95_ms до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0066_WMS_DUP_CMD — owner OT, secondary ML

— U0066_PRIVACY_RAW — owner integration, secondary vendor field

— U0066_SPARE_STOCKOUT — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— near_miss — near miss / 1000 циклов; порог-кандидатоперации: 16 (уточняется на FAT ячейки U0066).

— age_p95_ms — p95 age сенсора в политике; порог-кандидатоперации: 42 (уточняется на FAT ячейки U0066).

— support_h_cell — часы поддержки / ячейка / неделя; порог-кандидатоперации: 26 (уточняется на FAT ячейки U0066).

— mtt_truth_min — минуты до полного пакета логов; порог-кандидатоперации: 40 (уточняется на FAT ячейки U0066).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0066 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «постмортем

пакет» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, near_miss, support_h_cell, teleop_flag.

4. Если age_p95_ms хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0066 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про постмортем пакет

— [ ] Коды U0066_WMS_DUP_CMD, U0066_PRIVACY_RAW в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает near_miss и age_p95_ms

— [ ] Тест отказа U0066 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «Калибровка симулятора по железу».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0066 роликом demo-day.

Короткий вывод

«Калибровка симулятора по железу» закрывается, когда фасет постмортем пакет измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0066 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

Синтетические данные и рендер

Синтетика помогает на редких ракурсах, если домен совпадает с предательствами сайта. Глава — метка synthetic, доля в train, обязательный регресс на реальном золоте.

Контроль

Не закрывайте gate синтетикой. Держите ceiling доли synthetic. Hard negatives с реальных бликов важнее красивого рендера.

Фокус этой главы (U0067)

Разбор «Синтетические данные и рендер» держится на фасете anti-pattern catalogue. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0067 первичная гипотеза — anti-pattern catalogue. Проверка: сравнить p95_latency_ms и near_miss до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0067_TF_DRIFT — owner OT, secondary ML

— U0067_TELEOP_HIDDEN — owner integration, secondary vendor field

— U0067_HASH_MISSING — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— p95_latency_ms — p95 hot path; порог-кандидатоперации: 34 (уточняется на FAT ячейки U0067).

— near_miss — near miss / 1000 циклов; порог-кандидатоперации: 19 (уточняется на FAT ячейки U0067).

— mtt_truth_min — минуты до полного пакета логов; порог-кандидатоперации: 7 (уточняется на FAT ячейки U0067).

— teleop_share — доля циклов с teleop; порог-кандидатоперации: 20 (уточняется на FAT ячейки U0067).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0067 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «anti-pattern catalogue» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, p95_latency_ms, mtt_truth_min, teleop_flag.

4. Если near_miss хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0067 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про anti-pattern catalogue

— [ ] Коды U0067_TF_DRIFT, U0067_TELEOP_HIDDEN в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает p95_latency_ms и

near_miss

— [ ] Тест отказа U0067 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «Синтетические данные и рендер».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0067 роликом demo-day.

Короткий вывод

«Синтетические данные и рендер» закрывается, когда фасет anti-pattern catalogue измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0067 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

Телеоперация: станция, задержка, данные

RTT, freeze, те же limiters, что в auto. Усталость портит демо. Глава — UX станции, лимиты сессий, метки teleop в датасете, запрет скрытого teleop в метриках AUTO.

Метрики

RTT p95, minutes teleop, QC fail rate демо.

Фокус этой главы (U0068)

Разбор «Телеоперация: станция, задержка, данные» держится на фасете force limits. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0068 первичная гипотеза — force limits. Проверка: сравнить mtt_truth_min и calib_drift_px до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0068_PRIVACY_RAW — owner OT, secondary ML

— U0068_SPARE_STOCKOUT — owner integration, secondary vendor field

— U0068_PERCEPTION_GLARE — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— mtt_truth_min — минуты до полного пакета логов; порог-кандидатоперации: 37 (уточняется на FAT ячейки U0068).

— calib_drift_px — drift target board, px; порог-кандидатоперации: 25 (уточняется на FAT ячейки U0068).

— stockout_hours — часы простоя из-за spare; порог-кандидатоперации: 25 (уточняется на FAT ячейки U0068).

— teleop_share — доля циклов с teleop; порог-кандидатоперации: 9 (уточняется на FAT ячейки U0068).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0068 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «force limits» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, mtt_truth_min, stockout_hours, teleop_flag.

4. Если calib_drift_px хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0068 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про force limits

— [ ] Коды U0068_PRIVACY_RAW, U0068_SPARE_STOCKOUT в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает mtt_truth_min и

calib_drift_px

— [ ] Тест отказа U0068 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «Телеоперация: станция, задержка, данные».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0068 роликом demo-day.

Короткий вывод

«Телеоперация: станция, задержка, данные» закрывается, когда фасет force limits измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0068 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

Разметка эпизодов и success criteria

Done-предикат письменно с OT до съёмки. Частичный success логируйте отдельно. Глава — словарь тегов, аудиты, цена ошибочной разметки.

Практика

UI тегов в перчатках. Выборочный аудит 5–10%. Расхождение аудиторов → уточнение определения.

Фокус этой главы (U0069)

Разбор «Разметка эпизодов и success criteria» держится на фасете cold chain / конденсат. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0069 первичная гипотеза — cold chain / конденсат. Проверка: сравнить success_night и incomplete_ep до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0069_PERCEPTION_GLARE — owner OT, secondary ML

— U0069_TF_DRIFT — owner integration, secondary vendor field

— U0069_TELEOP_HIDDEN — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— success_night — доля успешных циклов ночью; порог-кандидатоперации: 42 (уточняется на FAT ячейки U0069).

— incomplete_ep — доля эпизодов без обязательных полей; порог-кандидатоперации: 42 (уточняется на FAT ячейки U0069).

— mtt_truth_min — минуты до полного пакета логов; порог-кандидатоперации: 42 (уточняется на FAT ячейки U0069).

— calib_drift_px — drift target board, px; порог-кандидатоперации: 31 (уточняется на FAT ячейки U0069).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0069 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «cold chain / конденсат» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, success_night, mtt_truth_min, teleop_flag.

4. Если incomplete_ep хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0069 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про cold chain / конденсат

— [ ] Коды U0069_PERCEPTION_GLARE,

U0069_TF_DRIFT в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает success_night и incomplete_ep

— [ ] Тест отказа U0069 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «Разметка эпизодов и success criteria».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0069 роликом demo-day.

Короткий вывод

«Разметка эпизодов и success criteria» закрывается, когда фасет cold chain / конденсат измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0069 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

Датасет как продукт

Registry, версии, права доступа, PII/redaction, retention. Глава — dataset ops наравне с model ops.

Инвентарь

episode_id, config pins, split, quality flags. Без inventory полевой debugging слеп.

Фокус этой главы (U0070)

Разбор «Датасет как продукт» держится на фасете safety supervisor vs ML. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0070 первичная гипотеза — safety supervisor vs ML. Проверка: сравнить incomplete_ep и mtt_truth_min до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0070_FORCE_MUTE — owner OT, secondary ML

— U0070_WMS_DUP_CMD — owner integration, secondary vendor field

— U0070_PRIVACY_RAW — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— incomplete_ep — доля эпизодов без обязательных по-

лей; порог-кандидатоперации: 21 (уточняется на FAT ячейки U0070).

— mtt_truth_min — минуты до полного пакета логов; порог-кандидатоперации: 21 (уточняется на FAT ячейки U0070).

— support_h_cell — часы поддержки / ячейка / неделя; порог-кандидатоперации: 11 (уточняется на FAT ячейки U0070).

— calib_drift_px — drift target board, px; порог-кандидатоперации: 11 (уточняется на FAT ячейки U0070).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0070 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «safety supervisor vs ML» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, incomplete_ep, support_h_cell, teleop_flag.

4. Если mtt_truth_min хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0070 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про safety supervisor vs ML

— [ ] Коды U0070_FORCE_MUTE, U0070_WMS_DUP_CMD в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает incomplete_ep и

mtt_truth_min

— [ ] Тест отказа U0070 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «Датасет как продукт».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0070 роликом demo-day.

Короткий вывод

«Датасет как продукт» закрывается, когда фасет safety supervisor vs ML измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0070 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

Активный сбор данных

Разбор «Активный сбор данных» для Physical AI: стек, контракт, отказы, метрики, приёмка.

Место в стеке

Входы/выходы, потребители, частота vs hot path. Владелец.

Отказы

Среда, калибровка, latency, конфликт. Детект → mode/abort → тест.

Внедрение

Узкий домен, регресс, shadow/canary, site profile. Cloud вне контакта.

Метрики

Latency p95, fixture error, intervention-free, near miss, полнота логов.

Чеклист

IDL. Health/age. Регресс. Canary. Preconditions. Карта ограничений.

Фокус этой главы (U0071)

Разбор «Активный сбор данных» держится на фасете сегментные метрики смен. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0071 первичная гипотеза — сегментные метрики смен. Проверка: сравнить calib_drift_px и success_night до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0071_TF_DRIFT — owner OT, secondary ML

— U0071_TELEOP_HIDDEN — owner integration, secondary vendor field

— U0071_HASH_MISSING — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— calib_drift_px — drift target board, px; порог-кандидатоперации: 40 (уточняется на FAT ячейки U0071).

— success_night — доля успешных циклов ночью; порог-кандидатоперации: 9 (уточняется на FAT ячейки U0071).

— stockout_hours — часы простоя из-за spare; порог-кандидатоперации: 40 (уточняется на FAT ячейки U0071).

— p95_latency_ms — p95 hot path; порог-кандидатоперации: 40 (уточняется на FAT ячейки U0071).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0071 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «сегментные метрики смен» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, calib_drift_px,

stockout_hours, teleop_flag.

4. Если success_night хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0071 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про сегментные метрики смен

— [ ] Коды U0071_TF_DRIFT, U0071_TELEOP_HIDDEN в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает calib_drift_px и success_night

— [ ] Тест отказа U0071 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «Активный сбор данных».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0071 роликом demo-day.

Короткий вывод

«Активный сбор данных» закрывается, когда фасет сегментные метрики смен измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0071 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

Редкие события и long tail

Разбор «Редкие события и long tail» для Physical AI: стек, контракт, отказы, метрики, приёмка.

Место в стеке

Входы/выходы, потребители, частота vs hot path. Владелец.

Отказы

Среда, калибровка, latency, конфликт. Детект → mode/abort → тест.

Внедрение

Узкий домен, регресс, shadow/canary, site profile. Cloud вне контакта.

Метрики

Latency p95, fixture error, intervention-free, near miss, полнота логов.

Чеклист

IDL. Health/age. Регресс. Canary. Preconditions. Карта ограничений.

Фокус этой главы (U0072)

Разбор «Редкие события и long tail» держится на фасете acceptance criteria. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0072 первичная гипотеза — acceptance criteria. Проверка: сравнить stockout_hours и teleop_share до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0072_FORCE_MUTE — owner OT, secondary ML

— U0072_WMS_DUP_CMD — owner integration, secondary vendor field

— U0072_PRIVACY_RAW — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— stockout_hours — часы простоя из-за spare; порог-кандидатоперации: 19 (уточняется на FAT ячейки U0072).

— teleop_share — доля циклов с teleop; порог-кандидатоперации: 35 (уточняется на FAT ячейки U0072).

— support_h_cell — часы поддержки / ячейка / неделя; порог-кандидатоперации: 19 (уточняется на FAT ячейки U0072).

— age_p95_ms — p95 age сенсора в политике; порог-кандидатоперации: 11 (уточняется на FAT ячейки U0072).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0072 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «acceptance criteria» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, stockout_hours,

support_h_cell, teleop_flag.

4. Если teleop_share хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0072 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про acceptance criteria

— [ ] Коды U0072_FORCE_MUTE, U0072_WMS_DUP_CMD в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает stockout_hours и teleop_share

— [ ] Тест отказа U0072 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «Редкие события и long tail».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0072 роликом demo-day.

Короткий вывод

«Редкие события и long tail» закрывается, когда фасет acceptance criteria измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0072 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

Генерация траекторий

Разбор «Генерация траекторий» для Physical AI: стек, контракт, отказы, метрики, приёмка.

Место в стеке

Входы/выходы, потребители, частота vs hot path. Владелец.

Отказы

Среда, калибровка, latency, конфликт. Детект → mode/abort → тест.

Внедрение

Узкий домен, регресс, shadow/canary, site profile. Cloud вне контакта.

Метрики

Latency p95, fixture error, intervention-free, near miss, полнота логов.

Чеклист

IDL. Health/age. Регресс. Canary. Preconditions. Карта ограничений.

Фокус этой главы (U0073)

Разбор «Генерация траекторий» держится на фасете RaaS data rights. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0073 первичная гипотеза — RaaS data rights. Проверка: сравнить teleop_share и incomplete_ep до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0073_HASH_MISSING — owner OT, secondary ML

— U0073_LATENCY_BUDGET — owner integration, secondary vendor field

— U0073_SENSOR_AGE — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— teleop_share — доля циклов с teleop; порог-кандидатоперации: 24 (уточняется на FAT ячейки U0073).

— incomplete_ep — доля эпизодов без обязательных полей; порог-кандидатоперации: 17 (уточняется на FAT ячейки U0073).

— stockout_hours — часы простоя из-за spare; порог-кандидатоперации: 10 (уточняется на FAT ячейки U0073).

— success_night — доля успешных циклов ночью; порог-кандидатоперации: 17 (уточняется на FAT ячейки U0073).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0073 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «RaaS data rights» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, teleop_share, stockout_hours, teleop_flag.

4. Если incomplete_ep хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0073 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про RaaS data rights

— [ ] Коды U0073_HASH_MISSING, U0073_LATENCY_BUDGET в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает teleop_share и incomplete_ep

— [ ] Тест отказа U0073 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «Генерация траекторий».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0073 роликом demo-day.

Короткий вывод

«Генерация траекторий» закрывается, когда фасет RaaS data rights измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0073 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

Оценка качества данных и политик

Offline score и железный success живут на разных планетах, пока нет протокола. Глава — qc датасета, fixture-тесты, связь offline фильтров с intervention-free rate.

Пайплайн

QC → offline filter → shadow → canary → GA. Любой прыжок через shadow запрещён.

Фокус этой главы (U0074)

Разбор «Оценка качества данных и политик» держится на фасете latency hot path. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0074 первичная гипотеза — latency hot path. Проверка: сравнить age_p95_ms и p95_latency_ms до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0074_HASH_MISSING — owner OT, secondary ML

— U0074_LATENCY_BUDGET — owner integration, secondary vendor field

— U0074_SENSOR_AGE — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— age_p95_ms — p95 age сенсора в политике; порог-кандидатоперации: 38 (уточняется на FAT ячейки U0074).

— p95_latency_ms — p95 hot path; порог-кандидатоперации: 14 (уточняется на FAT ячейки U0074).

— mtt_truth_min — минуты до полного пакета логов; порог-кандидатоперации: 20 (уточняется на FAT ячейки U0074).

— near_miss — near miss / 1000 циклов; порог-кандидатоперации: 44 (уточняется на FAT ячейки U0074).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0074 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «latency hot path» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, age_p95_ms, mtt_truth_min, teleop_flag.

4. Если p95_latency_ms хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0074 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про latency hot path

— [ ] Коды U0074_HASH_MISSING, U0074_LATENCY_BUDGET в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает age_p95_ms и p95_latency_ms

— [ ] Тест отказа U0074 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «Оценка качества данных и политик».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0074 роликом demo-day.

Короткий вывод

«Оценка качества данных и политик» закрывается, когда фасет latency hot path измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0074 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

Бенчмарки навыков

Разбор «Бенчмарки навыков» для Physical AI: стек, контракт, отказы, метрики, приёмка.

Место в стеке

Входы/выходы, потребители, частота vs hot path. Владелец.

Отказы

Среда, калибровка, latency, конфликт. Детект → mode/abort → тест.

Внедрение

Узкий домен, регресс, shadow/canary, site profile. Cloud вне контакта.

Метрики

Latency p95, fixture error, intervention-free, near miss, полнота логов.

Чеклист

IDL. Health/age. Регресс. Canary. Preconditions. Карта ограничений.

Фокус этой главы (U0075)

Разбор «Бенчмарки навыков» держится на фасете config hash и audit. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0075 первичная гипотеза — config hash и audit. Проверка: сравнить success_night и stockout_hours до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0075_TELEOP_HIDDEN — owner OT, secondary ML

— U0075_HASH_MISSING — owner integration, secondary vendor field

— U0075_LATENCY_BUDGET — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— success_night — доля успешных циклов ночью; порог-кандидатоперации: 12 (уточняется на FAT ячейки U0075).

— stockout_hours — часы простоя из-за spare; порог-кандидатоперации: 7 (уточняется на FAT ячейки U0075).

— mtt_truth_min — минуты до полного пакета логов; порог-кандидатоперации: 12 (уточняется на FAT ячейки U0075).

— incomplete_ep — доля эпизодов без обязательных полей; порог-кандидатоперации: 12 (уточняется на FAT ячейки U0075).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0075 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «config hash и audit» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, success_night, mtt_truth_min, teleop_flag.

4. Если stockout_hours хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0075 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про config hash и audit

— [ ] Коды U0075_TELEOP_HIDDEN, U0075_HASH_MISSING в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает success_night и stockout_hours

— [ ] Тест отказа U0075 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «Бенчмарки навыков».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0075 роликом demo-day.

Короткий вывод

«Бенчмарки навыков» закрывается, когда фасет config hash и audit измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0075 — самостоятельный evidence

pack, не клон соседнего.

Воспроизводимость экспериментов

Разбор «Воспроизводимость экспериментов» для Physical AI: стек, контракт, отказы, метрики, приёмка.

Место в стеке

Входы/выходы, потребители, частота vs hot path. Владелец.

Отказы

Среда, калибровка, latency, конфликт. Детект → mode/abort → тест.

Внедрение

Узкий домен, регресс, shadow/canary, site profile. Cloud вне контакта.

Метрики

Latency p95, fixture error, intervention-free, near miss, полнота логов.

Чеклист

IDL. Health/age. Регресс. Canary. Preconditions. Карта ограничений.

Фокус этой главы (U0076)

Разбор «Воспроизводимость экспериментов» держится на фасете dual-use screening. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и

другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0076 первичная гипотеза — dual-use screening. Проверка: сравнить support_h_cell и age_p95_ms до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0076_WMS_DUP_CMD — owner OT, secondary ML

— U0076_PRIVACY_RAW — owner integration, secondary vendor field

— U0076_SPARE_STOCKOUT — owner safety/ compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— support_h_cell — часы поддержки / ячейка / неделя; порог-кандидатоперации: 6 (уточняется на FAT ячейки U0076).

— age_p95_ms — p95 age сенсора в политике; порог-кандидатоперации: 22 (уточняется на FAT ячейки U0076).

— calib_drift_px — drift target board, px; порог-кандидатоперации: 6 (уточняется на FAT ячейки U0076).

— mtt_truth_min — минуты до полного пакета логов; порог-кандидатоперации: 10 (уточняется на FAT ячейки U0076).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0076 и версию карты огра-

ничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «dual-use screening» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, support_h_cell, calib_drift_px, teleop_flag.

4. Если age_p95_ms хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0076 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про dual-use screening

— [ ] Коды U0076_WMS_DUP_CMD, U0076_PRIVACY_RAW в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает support_h_cell и age_p95_ms

— [ ] Тест отказа U0076 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «Воспроизводимость экспериментов».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0076 роликом demo-day.

Короткий вывод

«Воспроизводимость экспериментов» закрывается, когда фасет dual-use screening измерим, коды abort назначены и

canary умеет остановиться. Юнит U0076 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

ROS 2: граф узлов и QoS

QoS, lifecycle, discovery. Глава — типичные дыры: best-effort vision на перегруженной сети, отсутствие deadline qos для control bridge, смешение debug publishers с hot path.

Практика

Разные domain/partition. CPU pinning для control. Логируйте mismatch QoS.

Фокус этой главы (U0077)

Разбор «ROS 2: граф узлов и QoS» держится на фасете threat model доступа. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0077 первичная гипотеза — threat model доступа. Проверка: сравнить success_night и incomplete_ep до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0077_TELEOP_HIDDEN — owner OT, secondary ML

— U0077_HASH_MISSING — owner integration, secondary vendor field

— U0077_LATENCY_BUDGET — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— success_night — доля успешных циклов ночью; порог-кандидатоперации: 28 (уточняется на FAT ячейки U0077).

— incomplete_ep — доля эпизодов без обязательных полей; порог-кандидатоперации: 28 (уточняется на FAT ячейки U0077).

— age_p95_ms — p95 age сенсора в политике; порог-кандидатоперации: 37 (уточняется на FAT ячейки U0077).

— calib_drift_px — drift target board, px; порог-кандидатоперации: 25 (уточняется на FAT ячейки U0077).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0077 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «threat model доступа» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, success_night, age_p95_ms, teleop_flag.

4. Если incomplete_ep хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0077 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про threat model доступа

— [ ] Коды U0077_TELEOP_HIDDEN, U0077_HASH_MISSING в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает success_night и incomplete_ep

— [ ] Тест отказа U0077 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «ROS 2: граф узлов и QoS».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0077 роликом demo-day.

Короткий вывод

«ROS 2: граф узлов и QoS» закрывается, когда фасет threat model доступа измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0077 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

Топики, сервисы и actions

Разбор «Топики, сервисы и actions» для Physical AI: стек, контракт, отказы, метрики, приёмка.

Место в стеке

Входы/выходы, потребители, частота vs hot path. Владелец.

Отказы

Среда, калибровка, latency, конфликт. Детект → mode/abort → тест.

Внедрение

Узкий домен, регресс, shadow/canary, site profile. Cloud вне контакта.

Метрики

Latency p95, fixture error, intervention-free, near miss, полнота логов.

Чеклист

IDL. Health/age. Регресс. Canary. Preconditions. Карта ограничений.

Фокус этой главы (U0078)

Разбор «Топики, сервисы и actions» держится на фасете canary halt. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0078 первичная гипотеза — canary halt. Проверка: сравнить stockout_hours и teleop_share до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0078_LATENCY_BUDGET — owner OT, secondary ML

— U0078_SENSOR_AGE — owner integration, secondary vendor field

— U0078_FORCE_MUTE — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— stockout_hours — часы простоя из-за spare; порог-кандидатоперации: 21 (уточняется на FAT ячейки U0078).

— teleop_share — доля циклов с teleop; порог-кандидатоперации: 25 (уточняется на FAT ячейки U0078).

— mtt_truth_min — минуты до полного пакета логов; порог-кандидатоперации: 23 (уточняется на FAT ячейки U0078).

— age_p95_ms — p95 age сенсора в политике; порог-кандидатоперации: 29 (уточняется на FAT ячейки U0078).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0078 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «canary halt» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, stockout_hours, mtt_truth_min, teleop_flag.

4. Если teleop_share хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0078 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про canary halt

— [ ] Коды U0078_LATENCY_BUDGET, U0078_SENSOR_AGE в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает stockout_hours и teleop_share

— [ ] Тест отказа U0078 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «Топики, сервисы и actions».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0078 роликом demo-day.

Короткий вывод

«Топики, сервисы и actions» закрывается, когда фасет canary halt измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0078 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

Архитектура компонентов робота

Разбор «Архитектура компонентов робота» для Physical AI: стек, контракт, отказы, метрики, приёмка.

Место в стеке

Входы/выходы, потребители, частота vs hot path. Владелец.

Отказы

Среда, калибровка, latency, конфликт. Детект → mode/abort → тест.

Внедрение

Узкий домен, регресс, shadow/canary, site profile. Cloud вне контакта.

Метрики

Latency p95, fixture error, intervention-free, near miss, полнота логов.

Чеклист

IDL. Health/age. Регресс. Canary. Preconditions. Карта ограничений.

Фокус этой главы (U0079)

Разбор «Архитектура компонентов робота» держится на фасете config hash и audit. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0079 первичная гипотеза — config hash и audit. Проверка: сравнить support_h_cell и near_miss до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0079_SPARE_STOCKOUT — owner OT, secondary ML

— U0079_PERCEPTION_GLARE — owner integration, secondary vendor field

— U0079_TF_DRIFT — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— support_h_cell — часы поддержки / ячейка / неделя; порог-кандидатоперации: 40 (уточняется на FAT ячейки U0079).

— near_miss — near miss / 1000 циклов; порог-кандидатоперации: 5 (уточняется на FAT ячейки U0079).

— teleop_share — доля циклов с teleop; порог-кандидатоперации: 42 (уточняется на FAT ячейки U0079).

— age_p95_ms — p95 age сенсора в политике; порог-кандидатоперации: 44 (уточняется на FAT ячейки U0079).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0079 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «config hash и audit» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, support_h_cell, teleop_share, teleop_flag.

4. Если near_miss хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0079 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про config hash и audit

— [ ] Коды U0079_SPARE_STOCKOUT, U0079_PERCEPTION_GLARE в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает support_h_cell и near_miss

— [ ] Тест отказа U0079 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «Архитектура компонентов робота».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0079 роликом demo-day.

Короткий вывод

«Архитектура компонентов робота» закрывается, когда фасет config hash и audit измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0079 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

Real-time Linux и детерминизм

Разбор «Real-time Linux и детерминизм» для Physical AI: стек, контракт, отказы, метрики, приёмка.

Место в стеке

Входы/выходы, потребители, частота vs hot path. Владелец.

Отказы

Среда, калибровка, latency, конфликт. Детект → mode/abort → тест.

Внедрение

Узкий домен, регресс, shadow/canary, site profile. Cloud вне контакта.

Метрики

Latency p95, fixture error, intervention-free, near miss, полнота логов.

Чеклист

IDL. Health/age. Регресс. Canary. Preconditions. Карта ограничений.

Фокус этой главы (U0080)

Разбор «Real-time Linux и детерминизм» держится на фасете RACI кодов abort. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0080 первичная гипотеза — RACI кодов abort. Проверка: сравнить success_night и near_miss до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0080_TF_DRIFT — owner OT, secondary ML

— U0080_TELEOP_HIDDEN — owner integration, secondary vendor field

— U0080_HASH_MISSING — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— success_night — доля успешных циклов ночью; порог-кандидатоперации: 16 (уточняется на FAT ячейки U0080).

— near_miss — near miss / 1000 циклов; порог-кандидатоперации: 16 (уточняется на FAT ячейки U0080).

— incomplete_ep — доля эпизодов без обязательных полей; порог-кандидатоперации: 16 (уточняется на FAT ячейки U0080).

— teleop_share — доля циклов с teleop; порог-кандидатоперации: 16 (уточняется на FAT ячейки U0080).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0080 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «RACI кодов abort» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, success_night, incomplete_ep, teleop_flag.

4. Если near_miss хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0080 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про RACI кодов abort

— [ ] Коды U0080_TF_DRIFT, U0080_TELEOP_HIDDEN в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает success_night и near_miss

— [ ] Тест отказа U0080 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «Real-time Linux и детерминизм».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0080 роликом demo-day.

Короткий вывод

«Real-time Linux и детерминизм» закрывается, когда фасет RACI кодов abort измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0080 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

Edge inference на борту

Бортовой инференс обязан уложиться в теплопакет и в budget age. Квантизация, дистилляция, ROI, приоритеты CUDA streams — инструменты, не религия. Глава — профили смены, watchdog late, деградация качества при throttle.

Практика

Разделяйте контексты GPU для UI encode и policy. Ночной throttle логируйте рядом с abort.

Фокус этой главы (U0081)

Разбор «Edge inference на борту» держится на фасете latency hot path. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0081 первичная гипотеза — latency hot path. Проверка: сравнить near_miss и mtt_truth_min до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0081_WMS_DUP_CMD — owner OT, secondary ML

— U0081_PRIVACY_RAW — owner integration, secondary vendor field

— U0081_SPARE_STOCKOUT — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— near_miss — near miss / 1000 циклов; порог-кандидатоперации: 41 (уточняется на FAT ячейки U0081).

— mtt_truth_min — минуты до полного пакета логов; порог-кандидатоперации: 5 (уточняется на FAT ячейки U0081).

— incomplete_ep — доля эпизодов без обязательных полей; порог-кандидатоперации: 5 (уточняется на FAT ячейки U0081).

— teleop_share — доля циклов с teleop; порог-кандидатоперации: 44 (уточняется на FAT ячейки U0081).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0081 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «latency hot path» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, near_miss, incomplete_ep, teleop_flag.

4. Если mtt_truth_min хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0081 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про latency hot path

— [ ] Коды U0081_WMS_DUP_CMD,

U0081_PRIVACY_RAW в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает near_miss и mtt_truth_min

— [ ] Тест отказа U0081 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «Edge inference на борту».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0081 роликом demo-day.

Короткий вывод

«Edge inference на борту» закрывается, когда фасет latency hot path измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0081 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

CPU/RAM/диск бюджеты

Ротация логов, квоты rosbag, OOM killer не должен выбирать control. Глава — cgroup лимиты и алерты inode.

Фокус этой главы (U0082)

Разбор «CPU/RAM/диск бюджеты» держится на фасете privacy purpose tags. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0082 первичная гипотеза — privacy purpose tags. Проверка: сравнить teleop_share и mtt_truth_min до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0082_LATENCY_BUDGET — owner OT, secondary ML

— U0082_SENSOR_AGE — owner integration, secondary vendor field

— U0082_FORCE_MUTE — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— teleop_share — доля циклов с teleop; порог-кандидат-операции: 13 (уточняется на FAT ячейки U0082).

— mtt_truth_min — минуты до полного пакета логов;

порог-кандидатоперации: 15 (уточняется на FAT ячейки U0082).

— success_night — доля успешных циклов ночью; порог-кандидатоперации: 15 (уточняется на FAT ячейки U0082).

— p95_latency_ms — p95 hot path; порог-кандидатоперации: 17 (уточняется на FAT ячейки U0082).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0082 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «privacy purpose tags» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, teleop_share, success_night, teleop_flag.

4. Если mtt_truth_min хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0082 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про privacy purpose tags

— [ ] Коды U0082_LATENCY_BUDGET, U0082_SENSOR_AGE в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает teleop_share и mtt_truth_min

— [ ] Тест отказа U0082 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «CPU/RAM/диск бюджеты».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0082 роликом demo-day.

Короткий вывод

«CPU/RAM/диск бюджеты» закрывается, когда фасет privacy purpose tags измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0082 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

Оркестрация навыков

Разбор «Оркестрация навыков» для Physical AI: стек, контракт, отказы, метрики, приёмка.

Место в стеке

Входы/выходы, потребители, частота vs hot path. Владелец.

Отказы

Среда, калибровка, latency, конфликт. Детект → mode/abort → тест.

Внедрение

Узкий домен, регресс, shadow/canary, site profile. Cloud вне контакта.

Метрики

Latency p95, fixture error, intervention-free, near miss, полнота логов.

Чеклист

IDL. Health/age. Регресс. Canary. Preconditions. Карта ограничений.

Фокус этой главы (U0083)

Разбор «Оркестрация навыков» держится на фасете canary halt. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0083 первичная гипотеза — canary halt. Проверка: сравнить age_p95_ms и p95_latency_ms до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0083_LATENCY_BUDGET — owner OT, secondary ML

— U0083_SENSOR_AGE — owner integration, secondary vendor field

— U0083_FORCE_MUTE — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— age_p95_ms — p95 age сенсора в политике; порог-кандидатоперации: 9 (уточняется на FAT ячейки U0083).

— p95_latency_ms — p95 hot path; порог-кандидатоперации: 21 (уточняется на FAT ячейки U0083).

— near_miss — near miss / 1000 циклов; порог-кандидатоперации: 6 (уточняется на FAT ячейки U0083).

— mtt_truth_min — минуты до полного пакета логов; порог-кандидатоперации: 18 (уточняется на FAT ячейки U0083).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0083 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «canary halt» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, age_p95_ms, near_miss, teleop_flag.

4. Если p95_latency_ms хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0083 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про canary halt

— [ ] Коды U0083_LATENCY_BUDGET, U0083_SENSOR_AGE в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает age_p95_ms и p95_latency_ms

— [ ] Тест отказа U0083 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «Оркестрация навыков».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0083 роликом demo-day.

Короткий вывод

«Оркестрация навыков» закрывается, когда фасет canary halt измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0083 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

Управление конфигурацией

Разбор «Управление конфигурацией» для Physical AI: стек, контракт, отказы, метрики, приёмка.

Место в стеке

Входы/выходы, потребители, частота vs hot path. Владелец.

Отказы

Среда, калибровка, latency, конфликт. Детект → mode/abort → тест.

Внедрение

Узкий домен, регресс, shadow/canary, site profile. Cloud вне контакта.

Метрики

Latency p95, fixture error, intervention-free, near miss, полнота логов.

Чеклист

IDL. Health/age. Регресс. Canary. Preconditions. Карта ограничений.

Фокус этой главы (U0084)

Разбор «Управление конфигурацией» держится на фасете штрафной пилот. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0084 первичная гипотеза — штрафной пилот. Проверка: сравнить success_night и near_miss до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0084_TF_DRIFT — owner OT, secondary ML

— U0084_TELEOP_HIDDEN — owner integration, secondary vendor field

— U0084_HASH_MISSING — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— success_night — доля успешных циклов ночью; порог-кандидатоперации: 28 (уточняется на FAT ячейки U0084).

— near_miss — near miss / 1000 циклов; порог-кандидатоперации: 12 (уточняется на FAT ячейки U0084).

— age_p95_ms — p95 age сенсора в политике; порог-кандидатоперации: 16 (уточняется на FAT ячейки U0084).

— incomplete_ep — доля эпизодов без обязательных полей; порог-кандидатоперации: 28 (уточняется на FAT ячейки U0084).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0084 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «штрафной пилот» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, success_night, age_p95_ms, teleop_flag.

4. Если near_miss хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0084 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про штрафной пилот

— [ ] Коды U0084_TF_DRIFT, U0084_TELEOP_HIDDEN в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает success_night и near_miss

— [ ] Тест отказа U0084 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «Управление конфигурацией».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0084 роликом demo-day.

Короткий вывод

«Управление конфигурацией» закрывается, когда фасет штрафной пилот измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0084 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

Логи, трассировка и observability

Разбор «Логи, трассировка и observability» для Physical AI: стек, контракт, отказы, метрики, приёмка.

Место в стеке

Входы/выходы, потребители, частота vs hot path. Владелец.

Отказы

Среда, калибровка, latency, конфликт. Детект → mode/abort → тест.

Внедрение

Узкий домен, регресс, shadow/canary, site profile. Cloud вне контакта.

Метрики

Latency p95, fixture error, intervention-free, near miss, полнота логов.

Чеклист

IDL. Health/age. Регресс. Canary. Preconditions. Карта ограничений.

Фокус этой главы (U0085)

Разбор «Логи, трассировка и observability» держится на фасете change ticket среды. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0085 первичная гипотеза — change ticket среды. Проверка: сравнить incomplete_ep и mtt_truth_min до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0085_FORCE_MUTE — owner OT, secondary ML

— U0085_WMS_DUP_CMD — owner integration, secondary vendor field

— U0085_PRIVACY_RAW — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— incomplete_ep — доля эпизодов без обязательных полей; порог-кандидатоперации: 16 (уточняется на FAT ячейки U0085).

— mtt_truth_min — минуты до полного пакета логов; порог-кандидатоперации: 16 (уточняется на FAT ячейки U0085).

— calib_drift_px — drift target board, px; порог-кандидатоперации: 21 (уточняется на FAT ячейки U0085).

— support_h_cell — часы поддержки / ячейка / неделя; порог-кандидатоперации: 21 (уточняется на FAT ячейки U0085).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0085 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «change ticket

среды» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, incomplete_ep, calib_drift_px, teleop_flag.

4. Если mtt_truth_min хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0085 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про change ticket среды

— [ ] Коды U0085_FORCE_MUTE, U0085_WMS_DUP_CMD в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает incomplete_ep и mtt_truth_min

— [ ] Тест отказа U0085 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «Логи, трассировка и observability».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0085 роликом demo-day.

Короткий вывод

«Логи, трассировка и observability» закрывается, когда фасет change ticket среды измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0085 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

Обновления и rollback

Разбор «Обновления и rollback» для Physical AI: стек, контракт, отказы, метрики, приёмка.

Место в стеке

Входы/выходы, потребители, частота vs hot path. Владелец.

Отказы

Среда, калибровка, latency, конфликт. Детект → mode/abort → тест.

Внедрение

Узкий домен, регресс, shadow/canary, site profile. Cloud вне контакта.

Метрики

Latency p95, fixture error, intervention-free, near miss, полнота логов.

Чеклист

IDL. Health/age. Регресс. Canary. Preconditions. Карта ограничений.

Фокус этой главы (U0086)

Разбор «Обновления и rollback» держится на фасете RaaS data rights. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0086 первичная гипотеза — RaaS data rights. Проверка: сравнить age_p95_ms и teleop_share до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0086_LATENCY_BUDGET — owner OT, secondary ML

— U0086_SENSOR_AGE — owner integration, secondary vendor field

— U0086_FORCE_MUTE — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— age_p95_ms — p95 age сенсора в политике; порог-кандидатоперации: 29 (уточняется на FAT ячейки U0086).

— teleop_share — доля циклов с teleop; порог-кандидатоперации: 41 (уточняется на FAT ячейки U0086).

— near_miss — near miss / 1000 циклов; порог-кандидатоперации: 23 (уточняется на FAT ячейки U0086).

— calib_drift_px — drift target board, px; порог-кандидатоперации: 13 (уточняется на FAT ячейки U0086).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0086 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «RaaS data rights» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, age_p95_ms, near_miss,

teleop_flag.

4. Если teleop_share хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0086 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про RaaS data rights

— [ ] Коды U0086_LATENCY_BUDGET, U0086_SENSOR_AGE в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает age_p95_ms и teleop_share

— [ ] Тест отказа U0086 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «Обновления и rollback».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0086 роликом demo-day.

Короткий вывод

«Обновления и rollback» закрывается, когда фасет RaaS data rights измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0086 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

HIL и интеграционное тестирование

Разбор «HIL и интеграционное тестирование» для Physical AI: стек, контракт, отказы, метрики, приёмка.

Место в стеке

Входы/выходы, потребители, частота vs hot path. Владелец.

Отказы

Среда, калибровка, latency, конфликт. Детект → mode/abort → тест.

Внедрение

Узкий домен, регресс, shadow/canary, site profile. Cloud вне контакта.

Метрики

Latency p95, fixture error, intervention-free, near miss, полнота логов.

Чеклист

IDL. Health/age. Регресс. Canary. Preconditions. Карта ограничений.

Фокус этой главы (U0087)

Разбор «HIL и интеграционное тестирование» держится на фасете canary halt. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и дру-

гой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0087 первичная гипотеза — canary halt. Проверка: сравнить support_h_cell и mtt_truth_min до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0087_WMS_DUP_CMD — owner OT, secondary ML

— U0087_PRIVACY_RAW — owner integration, secondary vendor field

— U0087_SPARE_STOCKOUT — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— support_h_cell — часы поддержки / ячейка / неделя; порог-кандидатоперации: 10 (уточняется на FAT ячейки U0087).

— mtt_truth_min — минуты до полного пакета логов; порог-кандидатоперации: 43 (уточняется на FAT ячейки U0087).

— teleop_share — доля циклов с teleop; порог-кандидатоперации: 36 (уточняется на FAT ячейки U0087).

— age_p95_ms — p95 age сенсора в политике; порог-кандидатоперации: 22 (уточняется на FAT ячейки U0087).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0087 и версию карты огра-

ничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «canary halt» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, support_h_cell, teleop_share, teleop_flag.

4. Если mtt_truth_min хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0087 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про canary halt

— [ ] Коды U0087_WMS_DUP_CMD, U0087_PRIVACY_RAW в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает support_h_cell и mtt_truth_min

— [ ] Тест отказа U0087 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «HIL и интеграционное тестирование».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0087 роликом demo-day.

Короткий вывод

«HIL и интеграционное тестирование» закрывается, когда фасет canary halt измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0087 — самостоятель-

ный evidence pack, не клон соседнего.

Functional safety и роботы

Защитные функции независимы от ML. Глава — разделение control/protection, категории останова, роль OT, что нельзя «временно» отключать на демо.

Фокус этой главы (U0088)

Разбор «Functional safety и роботы» держится на фасете anti-pattern catalogue. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0088 первичная гипотеза — anti-pattern catalogue. Проверка: сравнить mtt_truth_min и incomplete_ep до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0088_PERCEPTION_GLARE — owner OT, secondary ML

— U0088_TF_DRIFT — owner integration, secondary vendor field

— U0088_TELEOP_HIDDEN — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— mtt_truth_min — минуты до полного пакета логов; порог-кандидатоперации: 9 (уточняется на FAT ячейки

U0088).

— incomplete_ep — доля эпизодов без обязательных полей; порог-кандидатоперации: 9 (уточняется на FAT ячейки U0088).

— stockout_hours — часы простоя из-за spare; порог-кандидатоперации: 17 (уточняется на FAT ячейки U0088).

— p95_latency_ms — p95 hot path; порог-кандидатоперации: 17 (уточняется на FAT ячейки U0088).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0088 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «anti-pattern catalogue» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, mtt_truth_min, stockout_hours, teleop_flag.

4. Если incomplete_ep хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0088 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про anti-pattern catalogue

— [ ] Коды U0088_PERCEPTION_GLARE, U0088_TF_DRIFT в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает mtt_truth_min и incomplete_ep

— [ ] Тест отказа U0088 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «Functional safety и роботы».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0088 роликом demo-day.

Короткий вывод

«Functional safety и роботы» закрывается, когда фасет anti-pattern catalogue измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0088 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

Удалённый доступ и телеметрия

VPN, jump hosts, запрет прямого SSH на control. Глава — сессии с audit, запись кто телеопил, обрыв канала → freeze.

Фокус этой главы (U0089)

Разбор «Удалённый доступ и телеметрия» держится на фасете вибрация крепления. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0089 первичная гипотеза — вибрация крепления. Проверка: сравнить success_night и stockout_hours до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0089_TELEOP_HIDDEN — owner OT, secondary ML

— U0089_HASH_MISSING — owner integration, secondary vendor field

— U0089_LATENCY_BUDGET — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— success_night — доля успешных циклов ночью; порог-кандидатоперации: 44 (уточняется на FAT ячейки U0089).

— stockout_hours — часы простоя из-за spare; порог-кандидатоперации: 13 (уточняется на FAT ячейки U0089).

— p95_latency_ms — p95 hot path; порог-кандидатоперации: 13 (уточняется на FAT ячейки U0089).

— age_p95_ms — p95 age сенсора в политике; порог-кандидатоперации: 17 (уточняется на FAT ячейки U0089).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0089 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «вибрация крепления» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, success_night, p95_latency_ms, teleop_flag.

4. Если stockout_hours хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0089 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про вибрация крепления

— [ ] Коды U0089_TELEOP_HIDDEN, U0089_HASH_MISSING в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает success_night и stockout_hours

— [ ] Тест отказа U0089 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «Удалённый доступ и телеметрия».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0089 роликом demo-day.

Короткий вывод

«Удалённый доступ и телеметрия» закрывается, когда фасет вибрация крепления измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0089 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

Интерфейсы человека и робота

Разбор «Интерфейсы человека и робота» для Physical AI: стек, контракт, отказы, метрики, приёмка.

Место в стеке

Входы/выходы, потребители, частота vs hot path. Владелец.

Отказы

Среда, калибровка, latency, конфликт. Детект → mode/abort → тест.

Внедрение

Узкий домен, регресс, shadow/canary, site profile. Cloud вне контакта.

Метрики

Latency p95, fixture error, intervention-free, near miss, полнота логов.

Чеклист

IDL. Health/age. Регресс. Canary. Preconditions. Карта ограничений.

Фокус этой главы (U0090)

Разбор «Интерфейсы человека и робота» держится на фасете privacy purpose tags. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0090 первичная гипотеза — privacy purpose tags. Проверка: сравнить teleop_share и stockout_hours до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0090_LATENCY_BUDGET — owner OT, secondary ML

— U0090_SENSOR_AGE — owner integration, secondary vendor field

— U0090_FORCE_MUTE — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— teleop_share — доля циклов с teleop; порог-кандидатоперации: 39 (уточняется на FAT ячейки U0090).

— stockout_hours — часы простоя из-за spare; порог-кандидатоперации: 19 (уточняется на FAT ячейки U0090).

— success_night — доля успешных циклов ночью; порог-кандидатоперации: 9 (уточняется на FAT ячейки U0090).

— incomplete_ep — доля эпизодов без обязательных полей; порог-кандидатоперации: 9 (уточняется на FAT ячейки U0090).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0090 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «privacy purpose

tags» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, teleop_share, success_night, teleop_flag.

4. Если stockout_hours хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0090 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про privacy purpose tags

— [ ] Коды U0090_LATENCY_BUDGET, U0090_SENSOR_AGE в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает teleop_share и stockout_hours

— [ ] Тест отказа U0090 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «Интерфейсы человека и робота».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0090 роликом demo-day.

Короткий вывод

«Интерфейсы человека и робота» закрывается, когда фасет privacy purpose tags измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0090 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

Жизненный цикл программной платформы

Разбор «Жизненный цикл программной платформы» для Physical AI: стек, контракт, отказы, метрики, приёмка.

Место в стеке

Входы/выходы, потребители, частота vs hot path. Владелец.

Отказы

Среда, калибровка, latency, конфликт. Детект → mode/abort → тест.

Внедрение

Узкий домен, регресс, shadow/canary, site profile. Cloud вне контакта.

Метрики

Latency p95, fixture error, intervention-free, near miss, полнота логов.

Чеклист

IDL. Health/age. Регресс. Canary. Preconditions. Карта ограничений.

Фокус этой главы (U0091)

Разбор «Жизненный цикл программной платформы» держится на фасете teleop share и стимулы. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды,

другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0091 первичная гипотеза — teleop share и стимулы. Проверка: сравнить near_miss и calib_drift_px до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0091_PRIVACY_RAW — owner OT, secondary ML

— U0091_SPARE_STOCKOUT — owner integration, secondary vendor field

— U0091_PERCEPTION_GLARE — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— near_miss — near miss / 1000 циклов; порог-кандидатоперации: 12 (уточняется на FAT ячейки U0091).

— calib_drift_px — drift target board, px; порог-кандидатоперации: 27 (уточняется на FAT ячейки U0091).

— teleop_share — доля циклов с teleop; порог-кандидатоперации: 5 (уточняется на FAT ячейки U0091).

— stockout_hours — часы простоя из-за spare; порог-кандидатоперации: 27 (уточняется на FAT ячейки U0091).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0091 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «teleop share и стимулы» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, near_miss, teleop_share, teleop_flag.

4. Если calib_drift_px хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0091 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про teleop share и стимулы

— [ ] Коды U0091_PRIVACY_RAW, U0091_SPARE_STOCKOUT в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает near_miss и calib_drift_px

— [ ] Тест отказа U0091 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «Жизненный цикл программной платформы».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0091 роликом demo-day.

Короткий вывод

«Жизненный цикл программной платформы» закрывается, когда фасет teleop share и стимулы измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0091 — са-

мостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

Оценка риска и residual risk

Таблица hazard→мера→остаток→владелец. Глава — обновление после смены навыка; residual risk в договоре пилота.

Фокус этой главы (U0092)

Разбор «Оценка риска и residual risk» держится на фасете fleet spare kit. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0092 первичная гипотеза — fleet spare kit. Проверка: сравнить age_p95_ms и success_night до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0092_HASH_MISSING — owner OT, secondary ML

— U0092_LATENCY_BUDGET — owner integration, secondary vendor field

— U0092_SENSOR_AGE — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— age_p95_ms — p95 age сенсора в политике; порог-кандидатоперации: 8 (уточняется на FAT ячейки U0092).

— success_night — доля успешных циклов ночью; по-

рог-кандидатоперации: 44 (уточняется на FAT ячейки U0092).

— stockout_hours — часы простоя из-за spare; порог-кандидатоперации: 16 (уточняется на FAT ячейки U0092).

— calib_drift_px — drift target board, px; порог-кандидатоперации: 16 (уточняется на FAT ячейки U0092).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0092 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «fleet spare kit» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, age_p95_ms, stockout_hours, teleop_flag.

4. Если success_night хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0092 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про fleet spare kit

— [ ] Коды U0092_HASH_MISSING, U0092_LATENCY_BUDGET в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает age_p95_ms и success_night

— [ ] Тест отказа U0092 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «Оценка риска и residual risk».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0092 роликом demo-day.

Короткий вывод

«Оценка риска и residual risk» закрывается, когда фасет fleet spare kit измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0092 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

Functional safety

Functional safety в ячейке Physical AI — про независимый контур стопов, зон и мониторинга, который не улучшается обновлением весов ML. SIL/PL относятся к safety supervisor и механики, не к success rate политики.

Минимальный разрез (U0093)

— Safety-rated stop / zone control с владельцем
— Mute safety = инцидент с RCA
— Регресс safety после field-ремонта
— Разделение best-effort ML abort и certified функций
— Audit trail append-only для safety events

Отказной тест

На FAT: loss-of-sensor и forced mute attempt. Certified путь должен сработать независимо от GPU/ML процесса.

Связь

Не путать с главой про баланс/COM: там физика устойчивости, здесь — нормативная независимость safety. Маркер FS-0093.

Safety envelope и ограничения движения

Разбор «Safety envelope и ограничения движения» для Physical AI: стек, контракт, отказы, метрики, приёмка.

Место в стеке

Входы/выходы, потребители, частота vs hot path. Владелец.

Отказы

Среда, калибровка, latency, конфликт. Детект → mode/abort → тест.

Внедрение

Узкий домен, регресс, shadow/canary, site profile. Cloud вне контакта.

Метрики

Latency p95, fixture error, intervention-free, near miss, полнота логов.

Чеклист

IDL. Health/age. Регресс. Canary. Preconditions. Карта ограничений.

Фокус этой главы (U0094)

Разбор «Safety envelope и ограничения движения» держится на фасете OTA rollback drill. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, дру-

гие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0094 первичная гипотеза — OTA rollback drill. Проверка: сравнить p95_latency_ms и calib_drift_px до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0094_SPARE_STOCKOUT — owner OT, secondary ML

— U0094_PERCEPTION_GLARE — owner integration, secondary vendor field

— U0094_TF_DRIFT — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— p95_latency_ms — p95 hot path; порог-кандидатоперации: 30 (уточняется на FAT ячейки U0094).

— calib_drift_px — drift target board, px; порог-кандидатоперации: 30 (уточняется на FAT ячейки U0094).

— teleop_share — доля циклов с teleop; порог-кандидатоперации: 42 (уточняется на FAT ячейки U0094).

— age_p95_ms — p95 age сенсора в политике; порог-кандидатоперации: 14 (уточняется на FAT ячейки U0094).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0094 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «OTA rollback drill» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, p95_latency_ms, teleop_share, teleop_flag.

4. Если calib_drift_px хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0094 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про OTA rollback drill

— [ ] Коды U0094_SPARE_STOCKOUT, U0094_PERCEPTION_GLARE в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает p95_latency_ms и calib_drift_px

— [ ] Тест отказа U0094 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «Safety envelope и ограничения движения».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0094 роликом demo-day.

Короткий вывод

«Safety envelope и ограничения движения» закрывается, когда фасет OTA rollback drill измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0094 — самостоя-

тельный evidence pack, не клон соседнего.

Fail-safe и fail-soft стратегии

Разбор «Fail-safe и fail-soft стратегии» для Physical AI: стек, контракт, отказы, метрики, приёмка.

Место в стеке

Входы/выходы, потребители, частота vs hot path. Владелец.

Отказы

Среда, калибровка, latency, конфликт. Детект → mode/abort → тест.

Внедрение

Узкий домен, регресс, shadow/canary, site profile. Cloud вне контакта.

Метрики

Latency p95, fixture error, intervention-free, near miss, полнота логов.

Чеклист

IDL. Health/age. Регресс. Canary. Preconditions. Карта ограничений.

Фокус этой главы (U0095)

Разбор «Fail-safe и fail-soft стратегии» держится на фасете 3→30 fleet scale. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0095 первичная гипотеза — 3→30 fleet scale. Проверка: сравнить support_h_cell и age_p95_ms до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0095_WMS_DUP_CMD — owner OT, secondary ML

— U0095_PRIVACY_RAW — owner integration, secondary vendor field

— U0095_SPARE_STOCKOUT — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— support_h_cell — часы поддержки / ячейка / неделя; порог-кандидатоперации: 32 (уточняется на FAT ячейки U0095).

— age_p95_ms — p95 age сенсора в политике; порог-кандидатоперации: 12 (уточняется на FAT ячейки U0095).

— p95_latency_ms — p95 hot path; порог-кандидатоперации: 32 (уточняется на FAT ячейки U0095).

— calib_drift_px — drift target board, px; порог-кандидатоперации: 32 (уточняется на FAT ячейки U0095).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0095 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «3→30 fleet scale» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, support_h_cell, p95_latency_ms, teleop_flag.

4. Если age_p95_ms хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0095 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про 3→30 fleet scale

— [ ] Коды U0095_WMS_DUP_CMD, U0095_PRIVACY_RAW в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает support_h_cell и age_p95_ms

— [ ] Тест отказа U0095 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «Fail-safe и fail-soft стратегии».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0095 роликом demo-day.

Короткий вывод

«Fail-safe и fail-soft стратегии» закрывается, когда фасет 3→30 fleet scale измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0095 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

Human-in-the-loop

Разбор «Human-in-the-loop» для Physical AI: стек, контракт, отказы, метрики, приёмка.

Место в стеке

Входы/выходы, потребители, частота vs hot path. Владелец.

Отказы

Среда, калибровка, latency, конфликт. Детект → mode/abort → тест.

Внедрение

Узкий домен, регресс, shadow/canary, site profile. Cloud вне контакта.

Метрики

Latency p95, fixture error, intervention-free, near miss, полнота логов.

Чеклист

IDL. Health/age. Регресс. Canary. Preconditions. Карта ограничений.

Фокус этой главы (U0096)

Разбор «Human-in-the-loop» держится на фасете canary halt. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0096 первичная гипотеза — canary halt. Проверка: сравнить stockout_hours и support_h_cell до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0096_FORCE_MUTE — owner OT, secondary ML

— U0096_WMS_DUP_CMD — owner integration, secondary vendor field

— U0096_PRIVACY_RAW — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— stockout_hours — часы простоя из-за spare; порог-кандидатоперации: 25 (уточняется на FAT ячейки U0096).

— support_h_cell — часы поддержки / ячейка / неделя; порог-кандидатоперации: 25 (уточняется на FAT ячейки U0096).

— teleop_share — доля циклов с teleop; порог-кандидатоперации: 33 (уточняется на FAT ячейки U0096).

— mtt_truth_min — минуты до полного пакета логов; порог-кандидатоперации: 9 (уточняется на FAT ячейки U0096).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0096 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «canary halt» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, stockout_hours, teleop_share, teleop_flag.

4. Если support_h_cell хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0096 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про canary halt

— [ ] Коды U0096_FORCE_MUTE, U0096_WMS_DUP_CMD в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает stockout_hours и support_h_cell

— [ ] Тест отказа U0096 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «Human-in-the-loop».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0096 роликом demo-day.

Короткий вывод

«Human-in-the-loop» закрывается, когда фасет canary halt измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0096 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

Контроль скорости и энергии

Разбор «Контроль скорости и энергии» для Physical AI: стек, контракт, отказы, метрики, приёмка.

Место в стеке

Входы/выходы, потребители, частота vs hot path. Владелец.

Отказы

Среда, калибровка, latency, конфликт. Детект → mode/abort → тест.

Внедрение

Узкий домен, регресс, shadow/canary, site profile. Cloud вне контакта.

Метрики

Latency p95, fixture error, intervention-free, near miss, полнота логов.

Чеклист

IDL. Health/age. Регресс. Canary. Preconditions. Карта ограничений.

Фокус этой главы (U0097)

Разбор «Контроль скорости и энергии» держится на фасете privacy purpose tags. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0097 первичная гипотеза — privacy purpose tags. Проверка: сравнить incomplete_ep и support_h_cell до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0097_FORCE_MUTE — owner OT, secondary ML

— U0097_WMS_DUP_CMD — owner integration, secondary vendor field

— U0097_PRIVACY_RAW — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— incomplete_ep — доля эпизодов без обязательных полей; порог-кандидатоперации: 22 (уточняется на FAT ячейки U0097).

— support_h_cell — часы поддержки / ячейка / неделя; порог-кандидатоперации: 39 (уточняется на FAT ячейки U0097).

— near_miss — near miss / 1000 циклов; порог-кандидатоперации: 34 (уточняется на FAT ячейки U0097).

— stockout_hours — часы простоя из-за spare; порог-кандидатоперации: 39 (уточняется на FAT ячейки U0097).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0097 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «privacy purpose tags» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, incomplete_ep, near_miss, teleop_flag.

4. Если support_h_cell хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0097 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про privacy purpose tags

— [ ] Коды U0097_FORCE_MUTE, U0097_WMS_DUP_CMD в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает incomplete_ep и support_h_cell

— [ ] Тест отказа U0097 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «Контроль скорости и энергии».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0097 роликом demo-day.

Короткий вывод

«Контроль скорости и энергии» закрывается, когда фасет privacy purpose tags измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0097 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

Резервирование и диагностика

Разбор «Резервирование и диагностика» для Physical AI: стек, контракт, отказы, метрики, приёмка.

Место в стеке

Входы/выходы, потребители, частота vs hot path. Владелец.

Отказы

Среда, калибровка, latency, конфликт. Детект → mode/abort → тест.

Внедрение

Узкий домен, регресс, shadow/canary, site profile. Cloud вне контакта.

Метрики

Latency p95, fixture error, intervention-free, near miss, полнота логов.

Чеклист

IDL. Health/age. Регресс. Canary. Preconditions. Карта ограничений.

Фокус этой главы (U0098)

Разбор «Резервирование и диагностика» держится на фасете карта ограничений. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0098 первичная гипотеза — карта ограничений. Проверка: сравнить p95_latency_ms и success_night до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0098_PERCEPTION_GLARE — owner OT, secondary ML

— U0098_TF_DRIFT — owner integration, secondary vendor field

— U0098_TELEOP_HIDDEN — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— p95_latency_ms — p95 hot path; порог-кандидатоперации: 17 (уточняется на FAT ячейки U0098).

— success_night — доля успешных циклов ночью; порог-кандидатоперации: 39 (уточняется на FAT ячейки U0098).

— mtt_truth_min — минуты до полного пакета логов; порог-кандидатоперации: 39 (уточняется на FAT ячейки U0098).

— stockout_hours — часы простоя из-за spare; порог-кандидатоперации: 17 (уточняется на FAT ячейки U0098).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0098 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «карта ограни-

чений» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, p95_latency_ms, mtt_truth_min, teleop_flag.

4. Если success_night хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0098 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про карта ограничений

— [ ] Коды U0098_PERCEPTION_GLARE, U0098_TF_DRIFT в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает p95_latency_ms и success_night

— [ ] Тест отказа U0098 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «Резервирование и диагностика».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0098 роликом demo-day.

Короткий вывод

«Резервирование и диагностика» закрывается, когда фасет карта ограничений измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0098 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

Тестирование отказов

Разбор «Тестирование отказов» для Physical AI: стек, контракт, отказы, метрики, приёмка.

Место в стеке

Входы/выходы, потребители, частота vs hot path. Владелец.

Отказы

Среда, калибровка, latency, конфликт. Детект → mode/abort → тест.

Внедрение

Узкий домен, регресс, shadow/canary, site profile. Cloud вне контакта.

Метрики

Latency p95, fixture error, intervention-free, near miss, полнота логов.

Чеклист

IDL. Health/age. Регресс. Canary. Preconditions. Карта ограничений.

Фокус этой главы (U0099)

Разбор «Тестирование отказов» держится на фасете постмортем пакет. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0099 первичная гипотеза — постмортем пакет. Проверка: сравнить p95_latency_ms и success_night до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0099_PERCEPTION_GLARE — owner OT, secondary ML

— U0099_TF_DRIFT — owner integration, secondary vendor field

— U0099_TELEOP_HIDDEN — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— p95_latency_ms — p95 hot path; порог-кандидатоперации: 31 (уточняется на FAT ячейки U0099).

— success_night — доля успешных циклов ночью; порог-кандидатоперации: 12 (уточняется на FAT ячейки U0099).

— age_p95_ms — p95 age сенсора в политике; порог-кандидатоперации: 35 (уточняется на FAT ячейки U0099).

— mtt_truth_min — минуты до полного пакета логов; порог-кандидатоперации: 12 (уточняется на FAT ячейки U0099).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0099 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «постмортем

пакет» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, p95_latency_ms, age_p95_ms, teleop_flag.

4. Если success_night хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0099 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про постмортем пакет

— [ ] Коды U0099_PERCEPTION_GLARE, U0099_TF_DRIFT в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает p95_latency_ms и success_night

— [ ] Тест отказа U0099 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «Тестирование отказов».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0099 роликом demo-day.

Короткий вывод

«Тестирование отказов» закрывается, когда фасет постмортем пакет измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0099 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

Безопасное обучение

Разбор «Безопасное обучение» для Physical AI: стек, контракт, отказы, метрики, приёмка.

Место в стеке

Входы/выходы, потребители, частота vs hot path. Владелец.

Отказы

Среда, калибровка, latency, конфликт. Детект → mode/abort → тест.

Внедрение

Узкий домен, регресс, shadow/canary, site profile. Cloud вне контакта.

Метрики

Latency p95, fixture error, intervention-free, near miss, полнота логов.

Чеклист

IDL. Health/age. Регресс. Canary. Preconditions. Карта ограничений.

Фокус этой главы (U0100)

Разбор «Безопасное обучение» держится на фасете WMS идемпотентность. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0100 первичная гипотеза — WMS идемпотентность. Проверка: сравнить p95_latency_ms и success_night до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0100_PERCEPTION_GLARE — owner OT, secondary ML

— U0100_TF_DRIFT — owner integration, secondary vendor field

— U0100_TELEOP_HIDDEN — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— p95_latency_ms — p95 hot path; порог-кандидатоперации: 5 (уточняется на FAT ячейки U0100).

— success_night — доля успешных циклов ночью; порог-кандидатоперации: 25 (уточняется на FAT ячейки U0100).

— age_p95_ms — p95 age сенсора в политике; порог-кандидатоперации: 5 (уточняется на FAT ячейки U0100).

— mtt_truth_min — минуты до полного пакета логов; порог-кандидатоперации: 25 (уточняется на FAT ячейки U0100).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0100 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «WMS идемпотентность» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, p95_latency_ms, age_p95_ms, teleop_flag.

4. Если success_night хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0100 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про WMS идемпотентность

— [ ] Коды U0100_PERCEPTION_GLARE, U0100_TF_DRIFT в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает p95_latency_ms и success_night

— [ ] Тест отказа U0100 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «Безопасное обучение».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0100 роликом demo-day.

Короткий вывод

«Безопасное обучение» закрывается, когда фасет WMS идемпотентность измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0100 — самостоятельный

evidence pack, не клон соседнего.

Атаки на восприятие и управление

Разбор «Атаки на восприятие и управление» для Physical AI: стек, контракт, отказы, метрики, приёмка.

Место в стеке

Входы/выходы, потребители, частота vs hot path. Владелец.

Отказы

Среда, калибровка, latency, конфликт. Детект → mode/abort → тест.

Внедрение

Узкий домен, регресс, shadow/canary, site profile. Cloud вне контакта.

Метрики

Latency p95, fixture error, intervention-free, near miss, полнота логов.

Чеклист

IDL. Health/age. Регресс. Canary. Preconditions. Карта ограничений.

Фокус этой главы (U0101)

Разбор «Атаки на восприятие и управление» держится на фасете постмортем пакет. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0101 первичная гипотеза — постмортем пакет. Проверка: сравнить age_p95_ms и success_night до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0101_HASH_MISSING — owner OT, secondary ML

— U0101_LATENCY_BUDGET — owner integration, secondary vendor field

— U0101_SENSOR_AGE — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— age_p95_ms — p95 age сенсора в политике; порог-кандидатоперации: 18 (уточняется на FAT ячейки U0101).

— success_night — доля успешных циклов ночью; порог-кандидатоперации: 41 (уточняется на FAT ячейки U0101).

— stockout_hours — часы простоя из-за spare; порог-кандидатоперации: 22 (уточняется на FAT ячейки U0101).

— calib_drift_px — drift target board, px; порог-кандидатоперации: 22 (уточняется на FAT ячейки U0101).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0101 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «постмортем пакет» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, age_p95_ms,

stockout_hours, teleop_flag.

4. Если success_night хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0101 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про постмортем пакет

— [ ] Коды U0101_HASH_MISSING, U0101_LATENCY_BUDGET в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает age_p95_ms и success_night

— [ ] Тест отказа U0101 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «Атаки на восприятие и управление».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0101 роликом demo-day.

Короткий вывод

«Атаки на восприятие и управление» закрывается, когда фасет постмортем пакет измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0101 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

Supply chain и доверие к компонентам

Разбор «Supply chain и доверие к компонентам» для Physical AI: стек, контракт, отказы, метрики, приёмка.

Место в стеке

Входы/выходы, потребители, частота vs hot path. Владелец.

Отказы

Среда, калибровка, latency, конфликт. Детект → mode/abort → тест.

Внедрение

Узкий домен, регресс, shadow/canary, site profile. Cloud вне контакта.

Метрики

Latency p95, fixture error, intervention-free, near miss, полнота логов.

Чеклист

IDL. Health/age. Регресс. Canary. Preconditions. Карта ограничений.

Фокус этой главы (U0102)

Разбор «Supply chain и доверие к компонентам» держится на фасете MVP 90 дней. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и

другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0102 первичная гипотеза — MVP 90 дней. Проверка: сравнить p95_latency_ms и near_miss до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0102_PERCEPTION_GLARE — owner OT, secondary ML

— U0102_TF_DRIFT — owner integration, secondary vendor field

— U0102_TELEOP_HIDDEN — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— p95_latency_ms — p95 hot path; порог-кандидатоперации: 43 (уточняется на FAT ячейки U0102).

— near_miss — near miss / 1000 циклов; порог-кандидатоперации: 13 (уточняется на FAT ячейки U0102).

— age_p95_ms — p95 age сенсора в политике; порог-кандидатоперации: 35 (уточняется на FAT ячейки U0102).

— teleop_share — доля циклов с teleop; порог-кандидатоперации: 39 (уточняется на FAT ячейки U0102).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0102 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «MVP 90 дней»

на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, p95_latency_ms, age_p95_ms, teleop_flag.

4. Если near_miss хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0102 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про MVP 90 дней

— [ ] Коды U0102_PERCEPTION_GLARE, U0102_TF_DRIFT в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает p95_latency_ms и near_miss

— [ ] Тест отказа U0102 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «Supply chain и доверие к компонентам».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0102 роликом demo-day.

Короткий вывод

«Supply chain и доверие к компонентам» закрывается, когда фасет MVP 90 дней измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0102 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

Safety shielding и фильтры действий

Щит режет команды политики до драйверов: зоны, скорость, сила, stale observation. Глава — детерминированный фильтр, тесты, запрет mute на демо, логирование срабатываний как safety events.

Фокус этой главы (U0103)

Разбор «Safety shielding и фильтры действий» держится на фасете data contract эпизода. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0103 первичная гипотеза — data contract эпизода. Проверка: сравнить age_p95_ms и p95_latency_ms до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0103_TELEOP_HIDDEN — owner OT, secondary ML

— U0103_HASH_MISSING — owner integration, secondary vendor field

— U0103_LATENCY_BUDGET — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— age_p95_ms — p95 age сенсора в политике; порог-кандидатоперации: 7 (уточняется на FAT ячейки U0103).

— p95_latency_ms — p95 hot path; порог-кандидатоперации: 19 (уточняется на FAT ячейки U0103).

— near_miss — near miss / 1000 циклов; порог-кандидатоперации: 24 (уточняется на FAT ячейки U0103).

— mtt_truth_min — минуты до полного пакета логов; порог-кандидатоперации: 36 (уточняется на FAT ячейки U0103).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0103 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «data contract эпизода» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, age_p95_ms, near_miss, teleop_flag.

4. Если p95_latency_ms хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0103 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про data contract эпизода

— [ ] Коды U0103_TELEOP_HIDDEN, U0103_HASH_MISSING в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает age_p95_ms и

p95_latency_ms

— [ ] Тест отказа U0103 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «Safety shielding и фильтры действий».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0103 роликом demo-day.

Короткий вывод

«Safety shielding и фильтры действий» закрывается, когда фасет data contract эпизода измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0103 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

Расследование инцидентов

Шаблон: mode, age, setpoint owner, teleop?, barrier fired?, config pins. Глава — срок хранения, доступ, запрет «починить тихо» без тикета.

Фокус этой главы (U0104)

Разбор «Расследование инцидентов» держится на фасете shutter skew. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0104 первичная гипотеза — shutter skew. Проверка: сравнить success_night и age_p95_ms до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0104_TELEOP_HIDDEN — owner OT, secondary ML

— U0104_HASH_MISSING — owner integration, secondary vendor field

— U0104_LATENCY_BUDGET — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— success_night — доля успешных циклов ночью; порог-кандидатоперации: 39 (уточняется на FAT ячейки

U0104).

— age_p95_ms — p95 age сенсора в политике; порог-кандидатоперации: 7 (уточняется на FAT ячейки U0104).

— mtt_truth_min — минуты до полного пакета логов; порог-кандидатоперации: 39 (уточняется на FAT ячейки U0104).

— near_miss — near miss / 1000 циклов; порог-кандидатоперации: 23 (уточняется на FAT ячейки U0104).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0104 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «shutter skew» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, success_night, mtt_truth_min, teleop_flag.

4. Если age_p95_ms хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0104 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про shutter skew

— [ ] Коды U0104_TELEOP_HIDDEN, U0104_HASH_MISSING в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает success_night и age_p95_ms

— [ ] Тест отказа U0104 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «Расследование инцидентов».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0104 роликом demo-day.

Короткий вывод

«Расследование инцидентов» закрывается, когда фасет shutter skew измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0104 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

Надёжность в длительной эксплуатации

Разбор «Надёжность в длительной эксплуатации» для Physical AI: стек, контракт, отказы, метрики, приёмка.

Место в стеке

Входы/выходы, потребители, частота vs hot path. Владелец.

Отказы

Среда, калибровка, latency, конфликт. Детект → mode/abort → тест.

Внедрение

Узкий домен, регресс, shadow/canary, site profile. Cloud вне контакта.

Метрики

Latency p95, fixture error, intervention-free, near miss, полнота логов.

Чеклист

IDL. Health/age. Регресс. Canary. Preconditions. Карта ограничений.

Фокус этой главы (U0105)

Разбор «Надёжность в длительной эксплуатации» держится на фасете MVP 90 дней. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги

и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0105 первичная гипотеза — MVP 90 дней. Проверка: сравнить support_h_cell и mtt_truth_min до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0105_WMS_DUP_CMD — owner OT, secondary ML

— U0105_PRIVACY_RAW — owner integration, secondary vendor field

— U0105_SPARE_STOCKOUT — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— support_h_cell — часы поддержки / ячейка / неделя; порог-кандидатоперации: 22 (уточняется на FAT ячейки U0105).

— mtt_truth_min — минуты до полного пакета логов; порог-кандидатоперации: 37 (уточняется на FAT ячейки U0105).

— calib_drift_px — drift target board, px; порог-кандидатоперации: 22 (уточняется на FAT ячейки U0105).

— age_p95_ms — p95 age сенсора в политике; порог-кандидатоперации: 42 (уточняется на FAT ячейки U0105).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0105 и версию карты огра-

ничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «MVP 90 дней» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, support_h_cell, calib_drift_px, teleop_flag.

4. Если mtt_truth_min хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0105 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про MVP 90 дней

— [ ] Коды U0105_WMS_DUP_CMD, U0105_PRIVACY_RAW в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает support_h_cell и mtt_truth_min

— [ ] Тест отказа U0105 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «Надёжность в длительной эксплуатации».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0105 роликом demo-day.

Короткий вывод

«Надёжность в длительной эксплуатации» закрывается, когда фасет MVP 90 дней измерим, коды abort назначены

и canary умеет остановиться. Юнит U0105 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

Safety case для сертификации

Разбор «Safety case для сертификации» для Physical AI: стек, контракт, отказы, метрики, приёмка.

Место в стеке

Входы/выходы, потребители, частота vs hot path. Владелец.

Отказы

Среда, калибровка, latency, конфликт. Детект → mode/abort → тест.

Внедрение

Узкий домен, регресс, shadow/canary, site profile. Cloud вне контакта.

Метрики

Latency p95, fixture error, intervention-free, near miss, полнота логов.

Чеклист

IDL. Health/age. Регресс. Canary. Preconditions. Карта ограничений.

Фокус этой главы (U0106)

Разбор «Safety case для сертификации» держится на фасете anti-pattern catalogue. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0106 первичная гипотеза — anti-pattern catalogue. Проверка: сравнить age_p95_ms и stockout_hours до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0106_LATENCY_BUDGET — owner OT, secondary ML

— U0106_SENSOR_AGE — owner integration, secondary vendor field

— U0106_FORCE_MUTE — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— age_p95_ms — p95 age сенсора в политике; порог-кандидатоперации: 19 (уточняется на FAT ячейки U0106).

— stockout_hours — часы простоя из-за spare; порог-кандидатоперации: 43 (уточняется на FAT ячейки U0106).

— near_miss — near miss / 1000 циклов; порог-кандидатоперации: 33 (уточняется на FAT ячейки U0106).

— p95_latency_ms — p95 hot path; порог-кандидатоперации: 43 (уточняется на FAT ячейки U0106).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0106 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «anti-pattern catalogue» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, age_p95_ms, near_miss,

teleop_flag.

4. Если stockout_hours хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0106 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про anti-pattern catalogue

— [ ] Коды U0106_LATENCY_BUDGET, U0106_SENSOR_AGE в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает age_p95_ms и stockout_hours

— [ ] Тест отказа U0106 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «Safety case для сертификации».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0106 роликом demo-day.

Короткий вывод

«Safety case для сертификации» закрывается, когда фасет anti-pattern catalogue измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0106 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

Роботы на заводе

Разбор «Роботы на заводе» для Physical AI: стек, контракт, отказы, метрики, приёмка.

Место в стеке

Входы/выходы, потребители, частота vs hot path. Владелец.

Отказы

Среда, калибровка, latency, конфликт. Детект → mode/abort → тест.

Внедрение

Узкий домен, регресс, shadow/canary, site profile. Cloud вне контакта.

Метрики

Latency p95, fixture error, intervention-free, near miss, полнота логов.

Чеклист

IDL. Health/age. Регресс. Canary. Preconditions. Карта ограничений.

Фокус этой главы (U0107)

Разбор «Роботы на заводе» держится на фасете карта ограничений. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0107 первичная гипотеза — карта ограничений. Проверка: сравнить support_h_cell и calib_drift_px до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0107_PRIVACY_RAW — owner OT, secondary ML

— U0107_SPARE_STOCKOUT — owner integration, secondary vendor field

— U0107_PERCEPTION_GLARE — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— support_h_cell — часы поддержки / ячейка / неделя; порог-кандидатоперации: 11 (уточняется на FAT ячейки U0107).

— calib_drift_px — drift target board, px; порог-кандидатоперации: 11 (уточняется на FAT ячейки U0107).

— p95_latency_ms — p95 hot path; порог-кандидатоперации: 11 (уточняется на FAT ячейки U0107).

— age_p95_ms — p95 age сенсора в политике; порог-кандидатоперации: 23 (уточняется на FAT ячейки U0107).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0107 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «карта ограничений» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, support_h_cell, p95_latency_ms, teleop_flag.

4. Если calib_drift_px хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0107 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про карта ограничений

— [ ] Коды U0107_PRIVACY_RAW, U0107_SPARE_STOCKOUT в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает support_h_cell и calib_drift_px

— [ ] Тест отказа U0107 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «Роботы на заводе».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0107 роликом demo-day.

Короткий вывод

«Роботы на заводе» закрывается, когда фасет карта ограничений измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0107 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

Склад и внутрипроизводственная логистика

Разбор «Склад и внутрипроизводственная логистика» для Physical AI: стек, контракт, отказы, метрики, приёмка.

Место в стеке

Входы/выходы, потребители, частота vs hot path. Владелец.

Отказы

Среда, калибровка, latency, конфликт. Детект → mode/abort → тест.

Внедрение

Узкий домен, регресс, shadow/canary, site profile. Cloud вне контакта.

Метрики

Latency p95, fixture error, intervention-free, near miss, полнота логов.

Чеклист

IDL. Health/age. Регресс. Canary. Preconditions. Карта ограничений.

Фокус этой главы (U0108)

Разбор «Склад и внутрипроизводственная логистика» держится на фасете latency hot path. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, дру-

гие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0108 первичная гипотеза — latency hot path. Проверка: сравнить incomplete_ep и mtt_truth_min до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0108_WMS_DUP_CMD — owner OT, secondary ML

— U0108_PRIVACY_RAW — owner integration, secondary vendor field

— U0108_SPARE_STOCKOUT — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— incomplete_ep — доля эпизодов без обязательных полей; порог-кандидатоперации: 36 (уточняется на FAT ячейки U0108).

— mtt_truth_min — минуты до полного пакета логов; порог-кандидатоперации: 36 (уточняется на FAT ячейки U0108).

— calib_drift_px — drift target board, px; порог-кандидатоперации: 24 (уточняется на FAT ячейки U0108).

— support_h_cell — часы поддержки / ячейка / неделя; порог-кандидатоперации: 24 (уточняется на FAT ячейки U0108).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0108 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «latency hot path» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, incomplete_ep, calib_drift_px, teleop_flag.

4. Если mtt_truth_min хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0108 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про latency hot path

— [ ] Коды U0108_WMS_DUP_CMD, U0108_PRIVACY_RAW в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает incomplete_ep и mtt_truth_min

— [ ] Тест отказа U0108 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «Склад и внутрипроизводственная логистика».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0108 роликом demo-day.

Короткий вывод

«Склад и внутрипроизводственная логистика» закрывается, когда фасет latency hot path измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0108 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

Строительство и тяжёлая промышленность

Разбор «Строительство и тяжёлая промышленность» для Physical AI: стек, контракт, отказы, метрики, приёмка.

Место в стеке

Входы/выходы, потребители, частота vs hot path. Владелец.

Отказы

Среда, калибровка, latency, конфликт. Детект → mode/abort → тест.

Внедрение

Узкий домен, регресс, shadow/canary, site profile. Cloud вне контакта.

Метрики

Latency p95, fixture error, intervention-free, near miss, полнота логов.

Чеклист

IDL. Health/age. Регресс. Canary. Preconditions. Карта ограничений.

Фокус этой главы (U0109)

Разбор «Строительство и тяжёлая промышленность» держится на фасете штрафной пилот. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, дру-

гие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0109 первичная гипотеза — штрафной пилот. Проверка: сравнить near_miss и teleop_share до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0109_FORCE_MUTE — owner OT, secondary ML

— U0109_WMS_DUP_CMD — owner integration, secondary vendor field

— U0109_PRIVACY_RAW — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— near_miss — near miss / 1000 циклов; порог-кандидатоперации: 32 (уточняется на FAT ячейки U0109).

— teleop_share — доля циклов с teleop; порог-кандидатоперации: 39 (уточняется на FAT ячейки U0109).

— calib_drift_px — drift target board, px; порог-кандидатоперации: 17 (уточняется на FAT ячейки U0109).

— success_night — доля успешных циклов ночью; порог-кандидатоперации: 28 (уточняется на FAT ячейки U0109).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0109 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «штрафной пилот» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, near_miss, calib_drift_px, teleop_flag.

4. Если teleop_share хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0109 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про штрафной пилот

— [ ] Коды U0109_FORCE_MUTE, U0109_WMS_DUP_CMD в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает near_miss и teleop_share

— [ ] Тест отказа U0109 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «Строительство и тяжёлая промышленность».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0109 роликом demo-day.

Короткий вывод

«Строительство и тяжёлая промышленность» закрывается, когда фасет штрафной пилот измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0109 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

Сельское хозяйство

Разбор «Сельское хозяйство» для Physical AI: стек, контракт, отказы, метрики, приёмка.

Место в стеке

Входы/выходы, потребители, частота vs hot path. Владелец.

Отказы

Среда, калибровка, latency, конфликт. Детект → mode/abort → тест.

Внедрение

Узкий домен, регресс, shadow/canary, site profile. Cloud вне контакта.

Метрики

Latency p95, fixture error, intervention-free, near miss, полнота логов.

Чеклист

IDL. Health/age. Регресс. Canary. Preconditions. Карта ограничений.

Фокус этой главы (U0110)

Разбор «Сельское хозяйство» держится на фасете RaaS data rights. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0110 первичная гипотеза — RaaS data rights. Проверка: сравнить stockout_hours и teleop_share до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0110_LATENCY_BUDGET — owner OT, secondary ML

— U0110_SENSOR_AGE — owner integration, secondary vendor field

— U0110_FORCE_MUTE — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— stockout_hours — часы простоя из-за spare; порог-кандидатоперации: 29 (уточняется на FAT ячейки U0110).

— teleop_share — доля циклов с teleop; порог-кандидатоперации: 9 (уточняется на FAT ячейки U0110).

— age_p95_ms — p95 age сенсора в политике; порог-кандидатоперации: 29 (уточняется на FAT ячейки U0110).

— incomplete_ep — доля эпизодов без обязательных полей; порог-кандидатоперации: 39 (уточняется на FAT ячейки U0110).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0110 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «RaaS data rights» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, stockout_hours, age_p95_ms, teleop_flag.

4. Если teleop_share хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0110 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про RaaS data rights

— [ ] Коды U0110_LATENCY_BUDGET, U0110_SENSOR_AGE в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает stockout_hours и teleop_share

— [ ] Тест отказа U0110 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «Сельское хозяйство».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0110 роликом demo-day.

Короткий вывод

«Сельское хозяйство» закрывается, когда фасет RaaS data rights измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0110 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

Домашние задачи

Разбор «Домашние задачи» для Physical AI: стек, контракт, отказы, метрики, приёмка.

Место в стеке

Входы/выходы, потребители, частота vs hot path. Владелец.

Отказы

Среда, калибровка, latency, конфликт. Детект → mode/abort → тест.

Внедрение

Узкий домен, регресс, shadow/canary, site profile. Cloud вне контакта.

Метрики

Latency p95, fixture error, intervention-free, near miss, полнота логов.

Чеклист

IDL. Health/age. Регресс. Canary. Preconditions. Карта ограничений.

Фокус этой главы (U0111)

Разбор «Домашние задачи» держится на фасете single-source sensors. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0111 первичная гипотеза — single-source sensors. Проверка: сравнить stockout_hours и p95_latency_ms до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0111_LATENCY_BUDGET — owner OT, secondary ML

— U0111_SENSOR_AGE — owner integration, secondary vendor field

— U0111_FORCE_MUTE — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— stockout_hours — часы простоя из-за spare; порог-кандидатоперации: 13 (уточняется на FAT ячейки U0111).

— p95_latency_ms — p95 hot path; порог-кандидатоперации: 13 (уточняется на FAT ячейки U0111).

— age_p95_ms — p95 age сенсора в политике; порог-кандидатоперации: 9 (уточняется на FAT ячейки U0111).

— support_h_cell — часы поддержки / ячейка / неделя; порог-кандидатоперации: 13 (уточняется на FAT ячейки U0111).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0111 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «single-source sensors» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, stockout_hours, age_p95_ms, teleop_flag.

4. Если p95_latency_ms хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0111 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про single-source sensors

— [ ] Коды U0111_LATENCY_BUDGET, U0111_SENSOR_AGE в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает stockout_hours и p95_latency_ms

— [ ] Тест отказа U0111 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «Домашние задачи».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0111 роликом demo-day.

Короткий вывод

«Домашние задачи» закрывается, когда фасет single-source sensors измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0111 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

Ритейл и гостиничный сервис

Разбор «Ритейл и гостиничный сервис» для Physical AI: стек, контракт, отказы, метрики, приёмка.

Место в стеке

Входы/выходы, потребители, частота vs hot path. Владелец.

Отказы

Среда, калибровка, latency, конфликт. Детект → mode/abort → тест.

Внедрение

Узкий домен, регресс, shadow/canary, site profile. Cloud вне контакта.

Метрики

Latency p95, fixture error, intervention-free, near miss, полнота логов.

Чеклист

IDL. Health/age. Регресс. Canary. Preconditions. Карта ограничений.

Фокус этой главы (U0112)

Разбор «Ритейл и гостиничный сервис» держится на фасете unit economics. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0112 первичная гипотеза — unit economics. Проверка: сравнить age_p95_ms и stockout_hours до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0112_TELEOP_HIDDEN — owner OT, secondary ML

— U0112_HASH_MISSING — owner integration, secondary vendor field

— U0112_LATENCY_BUDGET — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— age_p95_ms — p95 age сенсора в политике; порог-кандидатоперации: 37 (уточняется на FAT ячейки U0112).

— stockout_hours — часы простоя из-за spare; порог-кандидатоперации: 5 (уточняется на FAT ячейки U0112).

— near_miss — near miss / 1000 циклов; порог-кандидатоперации: 5 (уточняется на FAT ячейки U0112).

— teleop_share — доля циклов с teleop; порог-кандидатоперации: 21 (уточняется на FAT ячейки U0112).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0112 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «unit economics» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, age_p95_ms, near_miss,

teleop_flag.

4. Если stockout_hours хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0112 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про unit economics

— [ ] Коды U0112_TELEOP_HIDDEN, U0112_HASH_MISSING в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает age_p95_ms и stockout_hours

— [ ] Тест отказа U0112 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «Ритейл и гостиничный сервис».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0112 роликом demo-day.

Короткий вывод

«Ритейл и гостиничный сервис» закрывается, когда фасет unit economics измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0112 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

Медицина и лабораторная автоматизация

Регуляторика, audit trail, human authority. Автономия чаще assistive. Глава — запрет свободной генерации планов; валидируемые протоколы; данные пациентов.

Фокус этой главы (U0113)

Разбор «Медицина и лабораторная автоматизация» держится на фасете canary halt. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0113 первичная гипотеза — canary halt. Проверка: сравнить calib_drift_px и success_night до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0113_TF_DRIFT — owner OT, secondary ML

— U0113_TELEOP_HIDDEN — owner integration, secondary vendor field

— U0113_HASH_MISSING — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— calib_drift_px — drift target board, px; порог-кандида-

топерации: 18 (уточняется на FAT ячейки U0113).

— success_night — доля успешных циклов ночью; порог-кандидатоперации: 25 (уточняется на FAT ячейки U0113).

— stockout_hours — часы простоя из-за spare; порог-кандидатоперации: 18 (уточняется на FAT ячейки U0113).

— incomplete_ep — доля эпизодов без обязательных полей; порог-кандидатоперации: 25 (уточняется на FAT ячейки U0113).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0113 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «canary halt» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, calib_drift_px, stockout_hours, teleop_flag.

4. Если success_night хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0113 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про canary halt

— [ ] Коды U0113_TF_DRIFT, U0113_TELEOP_HIDDEN в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает calib_drift_px и success_night

— [ ] Тест отказа U0113 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «Медицина и лабораторная автоматизация».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0113 роликом demo-day.

Короткий вывод

«Медицина и лабораторная автоматизация» закрывается, когда фасет canary halt измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0113 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

Уход и ассистивные роботы

Контакт с людьми, этика, ложные ожидания антропоморфности. Глава — уровень автономии 1–2 долго; сила и скорость жёстко; сервис и доверие семьи/персонала.

Фокус этой главы (U0114)

Разбор «Уход и ассистивные роботы» держится на фасете near miss с человеком. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0114 первичная гипотеза — near miss с человеком. Проверка: сравнить near_miss и mtt_truth_min до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0114_WMS_DUP_CMD — owner OT, secondary ML

— U0114_PRIVACY_RAW — owner integration, secondary vendor field

— U0114_SPARE_STOCKOUT — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— near_miss — near miss / 1000 циклов; порог-кандидатоперации: 18 (уточняется на FAT ячейки U0114).

— mtt_truth_min — минуты до полного пакета логов; порог-кандидатоперации: 34 (уточняется на FAT ячейки U0114).

— incomplete_ep — доля эпизодов без обязательных полей; порог-кандидатоперации: 34 (уточняется на FAT ячейки U0114).

— teleop_share — доля циклов с teleop; порог-кандидатоперации: 40 (уточняется на FAT ячейки U0114).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0114 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «near miss с человеком» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, near_miss, incomplete_ep, teleop_flag.

4. Если mtt_truth_min хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0114 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про near miss с человеком

— [ ] Коды U0114_WMS_DUP_CMD, U0114_PRIVACY_RAW в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает near_miss и mtt_truth_min

— [ ] Тест отказа U0114 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «Уход и ассистивные роботы».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0114 роликом demo-day.

Короткий вывод

«Уход и ассистивные роботы» закрывается, когда фасет near miss с человеком измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0114 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

Образование и демо-площадки

Роботы для обучения vs продукт. Глава — не путать учебный стенд с cell exit; безопасность студентов; открытые датасеты осторожно.

Фокус этой главы (U0115)

Разбор «Образование и демо-площадки» держится на фасете 3→30 fleet scale. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0115 первичная гипотеза — 3→30 fleet scale. Проверка: сравнить near_miss и calib_drift_px до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0115_PRIVACY_RAW — owner OT, secondary ML

— U0115_SPARE_STOCKOUT — owner integration, secondary vendor field

— U0115_PERCEPTION_GLARE — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— near_miss — near miss / 1000 циклов; порог-кандидатоперации: 8 (уточняется на FAT ячейки U0115).

— calib_drift_px — drift target board, px; порог-кандидатоперации: 23 (уточняется на FAT ячейки U0115).

— teleop_share — доля циклов с teleop; порог-кандидатоперации: 33 (уточняется на FAT ячейки U0115).

— stockout_hours — часы простоя из-за spare; порог-кандидатоперации: 23 (уточняется на FAT ячейки U0115).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0115 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «3→30 fleet scale» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, near_miss, teleop_share, teleop_flag.

4. Если calib_drift_px хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0115 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про 3→30 fleet scale

— [ ] Коды U0115_PRIVACY_RAW, U0115_SPARE_STOCKOUT в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает near_miss и calib_drift_px

— [ ] Тест отказа U0115 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «Образование и демо-площадки».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0115 роликом demo-day.

Короткий вывод

«Образование и демо-площадки» закрывается, когда фасет 3→30 fleet scale измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0115 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

Работа в опасных зонах

Разбор «Работа в опасных зонах» для Physical AI: стек, контракт, отказы, метрики, приёмка.

Место в стеке

Входы/выходы, потребители, частота vs hot path. Владелец.

Отказы

Среда, калибровка, latency, конфликт. Детект → mode/abort → тест.

Внедрение

Узкий домен, регресс, shadow/canary, site profile. Cloud вне контакта.

Метрики

Latency p95, fixture error, intervention-free, near miss, полнота логов.

Чеклист

IDL. Health/age. Регресс. Canary. Preconditions. Карта ограничений.

Фокус этой главы (U0116)

Разбор «Работа в опасных зонах» держится на фасете config hash и audit. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0116 первичная гипотеза — config hash и audit. Проверка: сравнить teleop_share и incomplete_ep до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0116_HASH_MISSING — owner OT, secondary ML

— U0116_LATENCY_BUDGET — owner integration, secondary vendor field

— U0116_SENSOR_AGE — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— teleop_share — доля циклов с teleop; порог-кандидатоперации: 20 (уточняется на FAT ячейки U0116).

— incomplete_ep — доля эпизодов без обязательных полей; порог-кандидатоперации: 16 (уточняется на FAT ячейки U0116).

— stockout_hours — часы простоя из-за spare; порог-кандидатоперации: 12 (уточняется на FAT ячейки U0116).

— success_night — доля успешных циклов ночью; порог-кандидатоперации: 16 (уточняется на FAT ячейки U0116).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0116 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «config hash и audit» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, teleop_share, stockout_hours, teleop_flag.

4. Если incomplete_ep хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0116 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про config hash и audit

— [ ] Коды U0116_HASH_MISSING, U0116_LATENCY_BUDGET в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает teleop_share и incomplete_ep

— [ ] Тест отказа U0116 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «Работа в опасных зонах».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0116 роликом demo-day.

Короткий вывод

«Работа в опасных зонах» закрывается, когда фасет config hash и audit измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0116 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

Космос, подводная среда и полярные станции

Разбор «Космос, подводная среда и полярные станции» для Physical AI: стек, контракт, отказы, метрики, приёмка.

Место в стеке

Входы/выходы, потребители, частота vs hot path. Владелец.

Отказы

Среда, калибровка, latency, конфликт. Детект → mode/abort → тест.

Внедрение

Узкий домен, регресс, shadow/canary, site profile. Cloud вне контакта.

Метрики

Latency p95, fixture error, intervention-free, near miss, полнота логов.

Чеклист

IDL. Health/age. Регресс. Canary. Preconditions. Карта ограничений.

Фокус этой главы (U0117)

Разбор «Космос, подводная среда и полярные станции» держится на фасете карта ограничений. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды,

другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0117 первичная гипотеза — карта ограничений. Проверка: сравнить stockout_hours и p95_latency_ms до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0117_SENSOR_AGE — owner OT, secondary ML

— U0117_FORCE_MUTE — owner integration, secondary vendor field

— U0117_WMS_DUP_CMD — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— stockout_hours — часы простоя из-за spare; порог-кандидатоперации: 18 (уточняется на FAT ячейки U0117).

— p95_latency_ms — p95 hot path; порог-кандидатоперации: 18 (уточняется на FAT ячейки U0117).

— teleop_share — доля циклов с teleop; порог-кандидатоперации: 24 (уточняется на FAT ячейки U0117).

— support_h_cell — часы поддержки / ячейка / неделя; порог-кандидатоперации: 18 (уточняется на FAT ячейки U0117).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0117 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «карта ограничений» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, stockout_hours, teleop_share, teleop_flag.

4. Если p95_latency_ms хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0117 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про карта ограничений

— [ ] Коды U0117_SENSOR_AGE, U0117_FORCE_MUTE в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает stockout_hours и p95_latency_ms

— [ ] Тест отказа U0117 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «Космос, подводная среда и полярные станции».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0117 роликом demo-day.

Короткий вывод

«Космос, подводная среда и полярные станции» закрывается, когда фасет карта ограничений измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0117 — само-

стоятельный evidence pack, не клон соседнего.

Инспекция инфраструктуры

Разбор «Инспекция инфраструктуры» для Physical AI: стек, контракт, отказы, метрики, приёмка.

Место в стеке

Входы/выходы, потребители, частота vs hot path. Владелец.

Отказы

Среда, калибровка, latency, конфликт. Детект → mode/abort → тест.

Внедрение

Узкий домен, регресс, shadow/canary, site profile. Cloud вне контакта.

Метрики

Latency p95, fixture error, intervention-free, near miss, полнота логов.

Чеклист

IDL. Health/age. Регресс. Canary. Preconditions. Карта ограничений.

Фокус этой главы (U0118)

Разбор «Инспекция инфраструктуры» держится на фасете CMDB и BOM drift. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0118 первичная гипотеза — CMDB и BOM drift. Проверка: сравнить teleop_share и mtt_truth_min до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0118_LATENCY_BUDGET — owner OT, secondary ML

— U0118_SENSOR_AGE — owner integration, secondary vendor field

— U0118_FORCE_MUTE — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— teleop_share — доля циклов с teleop; порог-кандидатоперации: 25 (уточняется на FAT ячейки U0118).

— mtt_truth_min — минуты до полного пакета логов; порог-кандидатоперации: 23 (уточняется на FAT ячейки U0118).

— success_night — доля успешных циклов ночью; порог-кандидатоперации: 23 (уточняется на FAT ячейки U0118).

— p95_latency_ms — p95 hot path; порог-кандидатоперации: 21 (уточняется на FAT ячейки U0118).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0118 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «CMDB и BOM

drift» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, teleop_share, success_night, teleop_flag.

4. Если mtt_truth_min хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0118 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про CMDB и BOM drift

— [ ] Коды U0118_LATENCY_BUDGET, U0118_SENSOR_AGE в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает teleop_share и mtt_truth_min

— [ ] Тест отказа U0118 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «Инспекция инфраструктуры».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0118 роликом demo-day.

Короткий вывод

«Инспекция инфраструктуры» закрывается, когда фасет CMDB и BOM drift измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0118 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

Роботы в чрезвычайных ситуациях

Разбор «Роботы в чрезвычайных ситуациях» для Physical AI: стек, контракт, отказы, метрики, приёмка.

Место в стеке

Входы/выходы, потребители, частота vs hot path. Владелец.

Отказы

Среда, калибровка, latency, конфликт. Детект → mode/abort → тест.

Внедрение

Узкий домен, регресс, shadow/canary, site profile. Cloud вне контакта.

Метрики

Latency p95, fixture error, intervention-free, near miss, полнота логов.

Чеклист

IDL. Health/age. Регресс. Canary. Preconditions. Карта ограничений.

Фокус этой главы (U0119)

Разбор «Роботы в чрезвычайных ситуациях» держится на фасете MVP 90 дней. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0119 первичная гипотеза — MVP 90 дней. Проверка: сравнить support_h_cell и teleop_share до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0119_WMS_DUP_CMD — owner OT, secondary ML

— U0119_PRIVACY_RAW — owner integration, secondary vendor field

— U0119_SPARE_STOCKOUT — owner safety/ compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— support_h_cell — часы поддержки / ячейка / неделя; порог-кандидатоперации: 28 (уточняется на FAT ячейки U0119).

— teleop_share — доля циклов с teleop; порог-кандидатоперации: 30 (уточняется на FAT ячейки U0119).

— mtt_truth_min — минуты до полного пакета логов; порог-кандидатоперации: 29 (уточняется на FAT ячейки U0119).

— incomplete_ep — доля эпизодов без обязательных полей; порог-кандидатоперации: 29 (уточняется на FAT ячейки U0119).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0119 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «MVP 90 дней» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, support_h_cell, mtt_truth_min, teleop_flag.

4. Если teleop_share хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0119 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про MVP 90 дней

— [ ] Коды U0119_WMS_DUP_CMD, U0119_PRIVACY_RAW в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает support_h_cell и teleop_share

— [ ] Тест отказа U0119 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «Роботы в чрезвычайных ситуациях».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0119 роликом demo-day.

Короткий вывод

«Роботы в чрезвычайных ситуациях» закрывается, когда фасет MVP 90 дней измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0119 — самостоятель-

ный evidence pack, не клон соседнего.

Совместная работа человека и робота

Разбор «Совместная работа человека и робота» для Physical AI: стек, контракт, отказы, метрики, приёмка.

Место в стеке

Входы/выходы, потребители, частота vs hot path. Владелец.

Отказы

Среда, калибровка, latency, конфликт. Детект → mode/abort → тест.

Внедрение

Узкий домен, регресс, shadow/canary, site profile. Cloud вне контакта.

Метрики

Latency p95, fixture error, intervention-free, near miss, полнота логов.

Чеклист

IDL. Health/age. Регресс. Canary. Preconditions. Карта ограничений.

Фокус этой главы (U0120)

Разбор «Совместная работа человека и робота» держится на фасете unit economics. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и

другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0120 первичная гипотеза — unit economics. Проверка: сравнить p95_latency_ms и success_night до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0120_PERCEPTION_GLARE — owner OT, secondary ML

— U0120_TF_DRIFT — owner integration, secondary vendor field

— U0120_TELEOP_HIDDEN — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— p95_latency_ms — p95 hot path; порог-кандидатоперации: 5 (уточняется на FAT ячейки U0120).

— success_night — доля успешных циклов ночью; порог-кандидатоперации: 5 (уточняется на FAT ячейки U0120).

— near_miss — near miss / 1000 циклов; порог-кандидатоперации: 5 (уточняется на FAT ячейки U0120).

— mtt_truth_min — минуты до полного пакета логов; порог-кандидатоперации: 5 (уточняется на FAT ячейки U0120).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0120 и версию карты огра-

ничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «unit economics» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, p95_latency_ms, near_miss, teleop_flag.

4. Если success_night хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0120 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про unit economics

— [ ] Коды U0120_PERCEPTION_GLARE, U0120_TF_DRIFT в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает p95_latency_ms и success_night

— [ ] Тест отказа U0120 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «Совместная работа человека и робота».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0120 роликом demo-day.

Короткий вывод

«Совместная работа человека и робота» закрывается, когда фасет unit economics измерим, коды abort назначены и

canary умеет остановиться. Юнит U0120 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

Выбор применения по реальной ценности

Разбор «Выбор применения по реальной ценности» для Physical AI: стек, контракт, отказы, метрики, приёмка.

Место в стеке

Входы/выходы, потребители, частота vs hot path. Владелец.

Отказы

Среда, калибровка, latency, конфликт. Детект → mode/abort → тест.

Внедрение

Узкий домен, регресс, shadow/canary, site profile. Cloud вне контакта.

Метрики

Latency p95, fixture error, intervention-free, near miss, полнота логов.

Чеклист

IDL. Health/age. Регресс. Canary. Preconditions. Карта ограничений.

Фокус этой главы (U0121)

Разбор «Выбор применения по реальной ценности» держится на фасете force limits. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги

и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0121 первичная гипотеза — force limits. Проверка: сравнить incomplete_ep и mtt_truth_min до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0121_SENSOR_AGE — owner OT, secondary ML

— U0121_FORCE_MUTE — owner integration, secondary vendor field

— U0121_WMS_DUP_CMD — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— incomplete_ep — доля эпизодов без обязательных полей; порог-кандидатоперации: 43 (уточняется на FAT ячейки U0121).

— mtt_truth_min — минуты до полного пакета логов; порог-кандидатоперации: 43 (уточняется на FAT ячейки U0121).

— p95_latency_ms — p95 hot path; порог-кандидатоперации: 44 (уточняется на FAT ячейки U0121).

— calib_drift_px — drift target board, px; порог-кандидатоперации: 44 (уточняется на FAT ячейки U0121).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0121 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «force limits» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, incomplete_ep, p95_latency_ms, teleop_flag.

4. Если mtt_truth_min хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0121 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про force limits

— [ ] Коды U0121_SENSOR_AGE, U0121_FORCE_MUTE в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает incomplete_ep и mtt_truth_min

— [ ] Тест отказа U0121 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «Выбор применения по реальной ценности».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0121 роликом demo-day.

Короткий вывод

«Выбор применения по реальной ценности» закрывается, когда фасет force limits измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0121 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

Unit economics роботической системы

Разбор «Unit economics роботической системы» для Physical AI: стек, контракт, отказы, метрики, приёмка.

Место в стеке

Входы/выходы, потребители, частота vs hot path. Владелец.

Отказы

Среда, калибровка, latency, конфликт. Детект → mode/abort → тест.

Внедрение

Узкий домен, регресс, shadow/canary, site profile. Cloud вне контакта.

Метрики

Latency p95, fixture error, intervention-free, near miss, полнота логов.

Чеклист

IDL. Health/age. Регресс. Canary. Preconditions. Карта ограничений.

Фокус этой главы (U0122)

Разбор «Unit economics роботической системы» держится на фасете data contract эпизода. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие

пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0122 первичная гипотеза — data contract эпизода. Проверка: сравнить incomplete_ep и mtt_truth_min до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0122_SENSOR_AGE — owner OT, secondary ML

— U0122_FORCE_MUTE — owner integration, secondary vendor field

— U0122_WMS_DUP_CMD — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— incomplete_ep — доля эпизодов без обязательных полей; порог-кандидатоперации: 16 (уточняется на FAT ячейки U0122).

— mtt_truth_min — минуты до полного пакета логов; порог-кандидатоперации: 16 (уточняется на FAT ячейки U0122).

— calib_drift_px — drift target board, px; порог-кандидатоперации: 18 (уточняется на FAT ячейки U0122).

— support_h_cell — часы поддержки / ячейка / неделя; порог-кандидатоперации: 18 (уточняется на FAT ячейки U0122).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0122 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «data contract эпизода» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, incomplete_ep, calib_drift_px, teleop_flag.

4. Если mtt_truth_min хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0122 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про data contract эпизода

— [ ] Коды U0122_SENSOR_AGE, U0122_FORCE_MUTE в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает incomplete_ep и mtt_truth_min

— [ ] Тест отказа U0122 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «Unit economics роботической системы».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0122 роликом demo-day.

Короткий вывод

«Unit economics роботической системы» закрывается, ко-

гда фасет data contract эпизода измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0122 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

CAPEX, OPEX и стоимость владения

Разбор «CAPEX, OPEX и стоимость владения» для Physical AI: стек, контракт, отказы, метрики, приёмка.

Место в стеке

Входы/выходы, потребители, частота vs hot path. Владелец.

Отказы

Среда, калибровка, latency, конфликт. Детект → mode/abort → тест.

Внедрение

Узкий домен, регресс, shadow/canary, site profile. Cloud вне контакта.

Метрики

Latency p95, fixture error, intervention-free, near miss, полнота логов.

Чеклист

IDL. Health/age. Регресс. Canary. Preconditions. Карта ограничений.

Фокус этой главы (U0123)

Разбор «CAPEX, OPEX и стоимость владения» держится на фасете fleet spare kit. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и

другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0123 первичная гипотеза — fleet spare kit. Проверка: сравнить support_h_cell и near_miss до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0123_PRIVACY_RAW — owner OT, secondary ML

— U0123_SPARE_STOCKOUT — owner integration, secondary vendor field

— U0123_PERCEPTION_GLARE — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— support_h_cell — часы поддержки / ячейка / неделя; порог-кандидатоперации: 15 (уточняется на FAT ячейки U0123).

— near_miss — near miss / 1000 циклов; порог-кандидатоперации: 40 (уточняется на FAT ячейки U0123).

— incomplete_ep — доля эпизодов без обязательных полей; порог-кандидатоперации: 12 (уточняется на FAT ячейки U0123).

— age_p95_ms — p95 age сенсора в политике; порог-кандидатоперации: 43 (уточняется на FAT ячейки U0123).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0123 и версию карты огра-

ничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «fleet spare kit» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, support_h_cell, incomplete_ep, teleop_flag.

4. Если near_miss хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0123 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про fleet spare kit

— [ ] Коды U0123_PRIVACY_RAW, U0123_SPARE_STOCKOUT в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает support_h_cell и near_miss

— [ ] Тест отказа U0123 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «CAPEX, OPEX и стоимость владения».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0123 роликом demo-day.

Короткий вывод

«CAPEX, OPEX и стоимость владения» закрывается, когда фасет fleet spare kit измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0123 — самостоятель-

ный evidence pack, не клон соседнего.

Производительность и окупаемость

Разбор «Производительность и окупаемость» для Physical AI: стек, контракт, отказы, метрики, приёмка.

Место в стеке

Входы/выходы, потребители, частота vs hot path. Владелец.

Отказы

Среда, калибровка, latency, конфликт. Детект → mode/abort → тест.

Внедрение

Узкий домен, регресс, shadow/canary, site profile. Cloud вне контакта.

Метрики

Latency p95, fixture error, intervention-free, near miss, полнота логов.

Чеклист

IDL. Health/age. Регресс. Canary. Preconditions. Карта ограничений.

Фокус этой главы (U0124)

Разбор «Производительность и окупаемость» держится на фасете age/skew сенсоров. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и

другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0124 первичная гипотеза — age/skew сенсоров. Проверка: сравнить stockout_hours и support_h_cell до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0124_FORCE_MUTE — owner OT, secondary ML

— U0124_WMS_DUP_CMD — owner integration, secondary vendor field

— U0124_PRIVACY_RAW — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— stockout_hours — часы простоя из-за spare; порог-кандидатоперации: 17 (уточняется на FAT ячейки U0124).

— support_h_cell — часы поддержки / ячейка / неделя; порог-кандидатоперации: 17 (уточняется на FAT ячейки U0124).

— incomplete_ep — доля эпизодов без обязательных полей; порог-кандидатоперации: 13 (уточняется на FAT ячейки U0124).

— mtt_truth_min — минуты до полного пакета логов; порог-кандидатоперации: 13 (уточняется на FAT ячейки U0124).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0124 и версию карты огра-

ничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «age/skew сенсоров» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, stockout_hours, incomplete_ep, teleop_flag.

4. Если support_h_cell хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0124 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про age/skew сенсоров

— [ ] Коды U0124_FORCE_MUTE, U0124_WMS_DUP_CMD в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает stockout_hours и support_h_cell

— [ ] Тест отказа U0124 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «Производительность и окупаемость».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0124 роликом demo-day.

Короткий вывод

«Производительность и окупаемость» закрывается, когда фасет age/skew сенсоров измерим, коды abort назначены и

canary умеет остановиться. Юнит U0124 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

B2B, B2C и robotics-as-a-service

Разбор «B2B, B2C и robotics-as-a-service» для Physical AI: стек, контракт, отказы, метрики, приёмка.

Место в стеке

Входы/выходы, потребители, частота vs hot path. Владелец.

Отказы

Среда, калибровка, latency, конфликт. Детект → mode/abort → тест.

Внедрение

Узкий домен, регресс, shadow/canary, site profile. Cloud вне контакта.

Метрики

Latency p95, fixture error, intervention-free, near miss, полнота логов.

Чеклист

IDL. Health/age. Регресс. Canary. Preconditions. Карта ограничений.

Фокус этой главы (U0125)

Разбор «B2B, B2C и robotics-as-a-service» держится на фасете калибровка и TF drift. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0125 первичная гипотеза — калибровка и TF drift. Проверка: сравнить success_night и age_p95_ms до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0125_TELEOP_HIDDEN — owner OT, secondary ML

— U0125_HASH_MISSING — owner integration, secondary vendor field

— U0125_LATENCY_BUDGET — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— success_night — доля успешных циклов ночью; порог-кандидатоперации: 32 (уточняется на FAT ячейки U0125).

— age_p95_ms — p95 age сенсора в политике; порог-кандидатоперации: 17 (уточняется на FAT ячейки U0125).

— incomplete_ep — доля эпизодов без обязательных полей; порог-кандидатоперации: 32 (уточняется на FAT ячейки U0125).

— p95_latency_ms — p95 hot path; порог-кандидатоперации: 37 (уточняется на FAT ячейки U0125).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0125 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «калибровка и

TF drift» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, success_night, incomplete_ep, teleop_flag.

4. Если age_p95_ms хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0125 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про калибровка и TF drift

— [ ] Коды U0125_TELEOP_HIDDEN, U0125_HASH_MISSING в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает success_night и age_p95_ms

— [ ] Тест отказа U0125 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «B2B, B2C и robotics-as-a-service».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0125 роликом demo-day.

Короткий вывод

«B2B, B2C и robotics-as-a-service» закрывается, когда фасет калибровка и TF drift измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0125 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

Выбор beachhead-рынка

Разбор «Выбор beachhead-рынка» для Physical AI: стек, контракт, отказы, метрики, приёмка.

Место в стеке

Входы/выходы, потребители, частота vs hot path. Владелец.

Отказы

Среда, калибровка, latency, конфликт. Детект → mode/abort → тест.

Внедрение

Узкий домен, регресс, shadow/canary, site profile. Cloud вне контакта.

Метрики

Latency p95, fixture error, intervention-free, near miss, полнота логов.

Чеклист

IDL. Health/age. Регресс. Canary. Preconditions. Карта ограничений.

Фокус этой главы (U0126)

Разбор «Выбор beachhead-рынка» держится на фасете near miss с человеком. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0126 первичная гипотеза — near miss с человеком. Проверка: сравнить near_miss и support_h_cell до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0126_WMS_DUP_CMD — owner OT, secondary ML

— U0126_PRIVACY_RAW — owner integration, secondary vendor field

— U0126_SPARE_STOCKOUT — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— near_miss — near miss / 1000 циклов; порог-кандидатоперации: 16 (уточняется на FAT ячейки U0126).

— support_h_cell — часы поддержки / ячейка / неделя; порог-кандидатоперации: 6 (уточняется на FAT ячейки U0126).

— teleop_share — доля циклов с teleop; порог-кандидатоперации: 34 (уточняется на FAT ячейки U0126).

— mtt_truth_min — минуты до полного пакета логов; порог-кандидатоперации: 40 (уточняется на FAT ячейки U0126).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0126 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «near miss с че-

ловеком» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, near_miss, teleop_share, teleop_flag.

4. Если support_h_cell хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0126 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про near miss с человеком

— [ ] Коды U0126_WMS_DUP_CMD, U0126_PRIVACY_RAW в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает near_miss и support_h_cell

— [ ] Тест отказа U0126 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «Выбор beachhead-рынка».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0126 роликом demo-day.

Короткий вывод

«Выбор beachhead-рынка» закрывается, когда фасет near miss с человеком измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0126 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

Пилот: цели, сроки и критерии успеха

Разбор «Пилот: цели, сроки и критерии успеха» для Physical AI: стек, контракт, отказы, метрики, приёмка.

Место в стеке

Входы/выходы, потребители, частота vs hot path. Владелец.

Отказы

Среда, калибровка, latency, конфликт. Детект → mode/abort → тест.

Внедрение

Узкий домен, регресс, shadow/canary, site profile. Cloud вне контакта.

Метрики

Latency p95, fixture error, intervention-free, near miss, полнота логов.

Чеклист

IDL. Health/age. Регресс. Canary. Preconditions. Карта ограничений.

Фокус этой главы (U0127)

Разбор «Пилот: цели, сроки и критерии успеха» держится на фасете RaaS data rights. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги

и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0127 первичная гипотеза — RaaS data rights. Проверка: сравнить p95_latency_ms и near_miss до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0127_PERCEPTION_GLARE — owner OT, secondary ML

— U0127_TF_DRIFT — owner integration, secondary vendor field

— U0127_TELEOP_HIDDEN — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— p95_latency_ms — p95 hot path; порог-кандидатоперации: 33 (уточняется на FAT ячейки U0127).

— near_miss — near miss / 1000 циклов; порог-кандидатоперации: 38 (уточняется на FAT ячейки U0127).

— stockout_hours — часы простоя из-за spare; порог-кандидатоперации: 33 (уточняется на FAT ячейки U0127).

— teleop_share — доля циклов с teleop; порог-кандидатоперации: 19 (уточняется на FAT ячейки U0127).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0127 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «RaaS data

rights» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, p95_latency_ms, stockout_hours, teleop_flag.

4. Если near_miss хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0127 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про RaaS data rights

— [ ] Коды U0127_PERCEPTION_GLARE, U0127_TF_DRIFT в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает p95_latency_ms и near_miss

— [ ] Тест отказа U0127 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «Пилот: цели, сроки и критерии успеха».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0127 роликом demo-day.

Короткий вывод

«Пилот: цели, сроки и критерии успеха» закрывается, когда фасет RaaS data rights измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0127 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

Продажи сложного hardware-software продукта

Разбор «Продажи сложного hardware-software продукта» для Physical AI: стек, контракт, отказы, метрики, приёмка.

Место в стеке

Входы/выходы, потребители, частота vs hot path. Владелец.

Отказы

Среда, калибровка, latency, конфликт. Детект → mode/abort → тест.

Внедрение

Узкий домен, регресс, shadow/canary, site profile. Cloud вне контакта.

Метрики

Latency p95, fixture error, intervention-free, near miss, полнота логов.

Чеклист

IDL. Health/age. Регресс. Canary. Preconditions. Карта ограничений.

Фокус этой главы (U0128)

Разбор «Продажи сложного hardware-software продукта» держится на фасете OTA rollback drill. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие

пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0128 первичная гипотеза — OTA rollback drill. Проверка: сравнить mtt_truth_min и calib_drift_px до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0128_PERCEPTION_GLARE — owner OT, secondary ML

— U0128_TF_DRIFT — owner integration, secondary vendor field

— U0128_TELEOP_HIDDEN — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— mtt_truth_min — минуты до полного пакета логов; порог-кандидатоперации: 19 (уточняется на FAT ячейки U0128).

— calib_drift_px — drift target board, px; порог-кандидатоперации: 27 (уточняется на FAT ячейки U0128).

— stockout_hours — часы простоя из-за spare; порог-кандидатоперации: 27 (уточняется на FAT ячейки U0128).

— success_night — доля успешных циклов ночью; порог-кандидатоперации: 19 (уточняется на FAT ячейки U0128).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0128 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «OTA rollback drill» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, mtt_truth_min, stockout_hours, teleop_flag.

4. Если calib_drift_px хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0128 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про OTA rollback drill

— [ ] Коды U0128_PERCEPTION_GLARE, U0128_TF_DRIFT в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает mtt_truth_min и calib_drift_px

— [ ] Тест отказа U0128 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «Продажи сложного hardware-software продукта».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0128 роликом demo-day.

Короткий вывод

«Продажи сложного hardware-software продукта» закры-

вается, когда фасет OTA rollback drill измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0128 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

12. Сервис, ремонт и запасные части

Physical AI ломается иначе, чем классический ЧПУ: кроме механики и электроники есть калибровки, веса моделей, версии runtime и «возраст» сенсоров. Сервисная модель, скопированная с промышленных манипуляторов «по звонку», не покрывает сценарий, когда робот формально жив, а политика захвата устарела после смены освещения на складе.

Что входит в сервисный контур

Разделите четыре потока работ: механика/электрика, сенсоры и калибровка, софт и модели, полевой teleop/поддержка смены. У каждого потока — свой склад навыков, свой SLA и свой набор запчастей. Смешивать их в одну очередь «полевого инженера» удобно на пилоте из трёх машин и разрушительно на парке из тридцати.

Механика: актуаторы, ремни, грейферы, кабели drag-chain, уплотнения. Здесь классика: MTBF, lead time, страховой запас по критичным SKU. Сенсоры: камеры, LiDAR, IMU, тактильные модули — плюс эталоны и приспособления для калибровки на месте. Софт: образы runtime, контрольные суммы весов, конфиги ячейки, карта ограничений сайта. Поддержка смены: люди, которые умеют отличить abort

по коллизии от abort по потере трека и не нажимают «продолжить» вслепую.

Запасные части: не только железо

В номенклатуре должны быть:

— сменные tool tip / грейферные пальцы под топ-SKU;

— камеры того же batch/firmware, иначе калибровка «плывёт»;

— кабели и разъёмы с допуском по EMI, а не «похожий USB»;

— носители с прошитыми golden-образами на случай brick после OTA;

— эталонные объекты для быстрой проверки perception на смене.

Страховой запас считают не по среднему расходу, а по связке lead time поставщика × критичность × число точек отказа. Если грейфер едет шесть недель, а без него линия стоит, «оптимизация склада» — скрытый CAPEX простоя.

Диагностика до выезда

Дороже всего не деталь, а ложный выезд. Требуйте пакет телеметрии до тикета: config hash, версии моделей, age ключевых сенсоров, последние N abort с кодами, короткий клип или keyframes вокруг инцидента, статус калибровки. Без пакета тикет не назначается на field — только на remote triage.

Mean time to diagnose часто больше mean time to repair. В договоре это стоит отдельной строкой: полнота эпизода (state + video/keyframes + config) как условие, при котором старту-

ет часы SLA ремонта.

Ремонт на месте vs depot

На месте: замена tool, камеры, кабеля, перекалибровка по чеклисту, откат софта. В depot: ремонт актуатора, переборка кисти, заводская калибровка сенсорных комплектов. Граница должна быть явной в контракте, иначе field-инженер тащит в цех то, что нужно везти на стенд, и наоборот.

После любого ремонта в поле — короткий регресс: day/night освещение если применимо, один known-good SKU, один known-hard SKU, проверка safety stop. Без подписи смены робот не возвращается в «зелёный» статус.

OTA и сервис

OTA без окна обслуживания — источник «непонятных» деградаций. Сервисный календарь и релизный календарь обязаны пересекаться: кто дежурит в ночь выката, какой rollback, кто подтверждает canary на двух ячейках перед остальным парком. Если сервис узнаёт об OTA из чата операторов, у вас нет процесса, есть удача.

Экономика сервиса

Считайте cost per operating hour с разложением: плановое ТО, внеплановый ремонт, teleop-часы, простой по stockout, простой по «ждём модель». RaaS-контракты, где вендор обещает uptime, но не держит склад и remote triage, заканчиваются спором о том, чей это простой — «железа» или «интеллекта».

Чеклист перед масштабированием парка

Номенклатура запчастей с lead time. Remote triage playbook. Полнота эпизода в SLA. Разделение field/depot. Связка OTA↔дежурство. Метрика повторных инцидентов. Обучение смены после каждого major release.

Склад и логистика запчастей на несколько сайтов

Центральный склад держит длинный lead time: актуаторы, редкие камеры, вычислительные модули. Присайтовый буфер — только то, что останавливает смену за часы: tool tip, кабели, предохранители, эталонные объекты perception, носитель с golden-образом. Раз в неделю сверка буфера с фактическим расходом и с планом OTA: перед крупным релизом запас «откатных» носителей увеличивают, иначе rollback упирается в логистику.

Перемещения между сайтами учитывайте как отдельный поток. Робот, с которого сняли камеру «на час соседней линии», часто на сутки остаётся в жёлтом статусе без формального тикета. В CMDB должен быть статус «kannibalized» с сроком возврата. Без этого метрики availability врут: железа нет, аварии нет, простой есть.

Поставщики firmware-критичных сенсоров обязуются уведомлять о silent revision. В договоре поставки — право отклонить партию, если batch id не прошёл ваш регресс калибровки. Дешёвая камера с «тем же» даташитом и другой матрицей калибровки обходится дороже любой экономии на BOM.

Ночные смены и сервис без героизма

Ночной abort не должен ждать утреннего героя. Remote triage с полным пакетом эпизода либо даёт безопасный обход (сужение SKU, снижение скорости, перевод в supervised), либо фиксирует стоп до field. Оператору смены запрещено «просто продолжить» после safety event без кода разрешения. Этот код пишется в журнал и попадает в еженедельный разбор.

Обучение ночной смены короче дневной по факту текучки. Поэтому runbook ночи короче и жёстче: три действия, два запрета, один телефон. Длинные инструкции читают днём. После OTA ночной чеклист обновляют тем же релизом, иначе люди работают по памяти прошлого месяца.

Связка сервиса с unit economics

Каждый внеплановый выезд кладите в cost per successful cycle того сайта. Иначе сервис «где-то в OPEX», а продукт «зелёный». Раз в месяц топ-5 кодов отказа по стоимости (не по частоте): редкий отказ с выездом на двое суток важнее частых abort, которые закрывает remote за десять минут.

KPI сервиса: повторные обращения 72 часа, полнота пакета до выезда, доля тикетов закрытых remote, stockout critical spare, среднее время до первого осмысленного лога. «Число закрытых тикетов» без этих осей стимулирует закрывать быстро и плохо.

Практический минимум для парка из десяти машин

Один remote дежурный с доступом к логам. Буфер tool и кабелей на каждом сайте. Центральный запас камер про-

шитого batch. Playbook rollback OTA. Еженедельный разбор age сенсоров. Запрет ручного edit боевого конфига. Договор с depot на SLA переборки кисти. Без этого «сервисная модель» — список телефонов в чате.

На смене важнее короткий runbook, чем толстый учебник: три шага, два запрета, один канал эскалации. В контексте «u0129» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Версия карты ограничений входит в предикаты canary; несовпадение версий блокирует выкат без исключений «на этот раз». В контексте «u0129» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Журнал teleop с причиной (сенсор, планировщик, SKU, сеть, коллизия) обязателен для разбора экономики, не только для отладки. В контексте «u0129» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Второй сайт начинается с процедуры приёмки среды, а не с копирования conf-файла успешной ячейки. В контексте «u0129» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Mean time to diagnose падает, когда эпизод содержит state, keyframes и config hash; иначе field едет вслепую. В контексте «u0129» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Стимулы BD и сервиса должны стыковаться на одном stage-gate: иначе рост парка обгоняет способность чинить. В контексте «u0129» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Offline на hot path — не идеология, а условие контракта с OT;

облако остаётся для обучения и аналитики флота. В контексте «u0129» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Редкий хвост SKU не обещают в пилоте; его выносят в out-of-scope или в отдельный платный этап сбора данных. В контексте «u0129» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Safety-канал не «улучшают» моделью: его тестируют отдельно, а ML живут в контуре с правом abort. В контексте «u0129» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Еженедельно на одну страницу: abort top-3, age сенсоров, teleop share, stockout, время до первого лога. В контексте «u0129» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Alternate поставщик сенсора проходит тот же пайплайн калибровки; иначе это не alternate, а новый продукт. В контексте «u0129» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. OTA без дежурства и без окна — лотерея; сервисный календарь и релизный календарь пересекаются явно. В контексте «u0129» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Кастом сайта живут параметрами, не форком политики; у форка есть срок жизни и план слияния. В контексте «u0129» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Приёмка по demo-SKU, которых нет в ночной смене, создаёт ложную готовность линии. В контексте «u0129» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Data rights по умолчанию

у заказчика; вендор получает обезличенные фичи только в объёме поддержки и с аудитом. В контексте «u0129» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. На смене важнее короткий runbook, чем толстый учебник: три шага, два запрета, один канал эскалации. В контексте «u0129» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Версия карты ограничений входит в предикаты canary; несовпадение версий блокирует выкат без исключений «на этот раз». В контексте «u0129» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Журнал teleop с причиной (сенсор, планировщик, SKU, сеть, коллизия) обязателен для разбора экономики, не только для отладки. В контексте «u0129» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Второй сайт начинается с процедуры приёмки среды, а не с копирования conf-файла успешной ячейки. В контексте «u0129» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Mean time to diagnose падает, когда эпизод содержит state, keyframes и config hash; иначе field едет вслепую. В контексте «u0129» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Стимулы BD и сервиса должны стыковаться на одном stage-gate: иначе рост парка обгоняет способность чинить. В контексте «u0129» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Offline на hot path — не идеология, а условие контракта с OT; облако остаётся для обучения и

аналитики флота. В контексте «u0129» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Редкий хвост SKU не обещают в пилоте; его выносят в out-of-scope или в отдельный платный этап сбора данных. В контексте «u0129» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Safety-канал не «улучшают» моделью: его тестируют отдельно, а ML живут в контуре с правом abort. В контексте «u0129» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Еженедельно на одну страницу: abort top-3, age сенсоров, teleop share, stockout, время до первого лога. В контексте «u0129» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Alternate поставщик сенсора проходит тот же пайплайн калибровки; иначе это не alternate, а новый продукт. В контексте «u0129» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. OTA без дежурства и без окна — лотерея; сервисный календарь и релизный календарь пересекаются явно. В контексте «u0129» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Кастом сайта живут параметрами, не форком политики; у форка есть срок жизни и план слияния. В контексте «u0129» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Приёмка по demo-SKU, которых нет в ночной смене, создаёт ложную готовность линии. В контексте «u0129» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Data rights по умолчанию у за-

казчика; вендор получает обезличенные фичи только в объёме поддержки и с аудитом. В контексте «u0129» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. На смене важнее короткий runbook, чем толстый учебник: три шага, два запрета, один канал эскалации. В контексте «u0129» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Версия карты ограничений входит в предикаты canary; несовпадение версий блокирует выкат без исключений «на этот раз». В контексте «u0129» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Журнал teleop с причиной (сенсор, планировщик, SKU, сеть, коллизия) обязателен для разбора экономики, не только для отладки. В контексте «u0129» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Второй сайт начинается с процедуры приёмки среды, а не с копирования conf-файла успешной ячейки. В контексте «u0129» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Mean time to diagnose падает, когда эпизод содержит state, keyframes и config hash; иначе field едет вслепую. В контексте «u0129» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Стимулы BD и сервиса должны стыковаться на одном stage-gate: иначе рост парка обгоняет способность чинить. В контексте «u0129» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Offline на hot path — не идеология, а условие контракта с OT; облако остаётся для обучения и аналитики флота. В контек-

сте «u0129» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Редкий хвост SKU не обещают в пилоте; его выносят в out-of-scope или в отдельный платный этап сбора данных. В контексте «u0129» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Safety-канал не «улучшают» моделью: его тестируют отдельно, а ML живут в контуре с правом abort. В контексте «u0129» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Еженедельно на одну страницу: abort top-3, age сенсоров, teleop share, stockout, время до первого лога. В контексте «u0129» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Alternate поставщик сенсора проходит тот же пайплайн калибровки; иначе это не alternate, а новый продукт. В контексте «u0129» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. OTA без дежурства и без окна — лотерея; сервисный календарь и релизный календарь пересекаются явно. В контексте «u0129» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Кастом сайта живут параметрами, не форком политики; у форка есть срок жизни и план слияния. В контексте «u0129» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Приёмка по demo-SKU, которых нет в ночной смене, создаёт ложную готовность линии. В контексте «u0129» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Data rights по умолчанию у заказчика; вендор получает обезличенные фичи только в

объёме поддержки и с аудитом. В контексте «u0129» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. На смене важнее короткий runbook, чем толстый учебник: три шага, два запрета, один канал эскалации. В контексте «u0129» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Версия карты ограничений входит в предикаты canary; несовпадение версий блокирует выкат без исключений «на этот раз». В контексте «u0129» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Журнал teleop с причиной (сенсор, планировщик, SKU, сеть, коллизия) обязателен для разбора экономики, не только для отладки. В контексте «u0129» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Второй сайт начинается с процедуры приёмки среды, а не с копирования conf-файла успешной ячейки. В контексте «u0129» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Mean time to diagnose падает, когда эпизод содержит state, keyframes и config hash; иначе field едет вслепую. В контексте «u0129» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Стимулы BD и сервиса должны стыковаться на одном stage-gate: иначе рост парка обгоняет способность чинить. В контексте «u0129» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Offline на hot path — не идеология, а условие контракта с OT; облако остаётся для обучения и аналитики флота. В контексте «u0129» фиксируйте наблю-

даемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Редкий хвост SKU не обещают в пилоте; его выносят в out-of-scope или в отдельный платный этап сбора данных. В контексте «u0129» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации.

13. Масштабирование производства

Смасштабировать пилотную ячейку — не значит заказать ещё десять таких же. В Physical AI узкое место чаще не сварка корпуса, а воспроизводимость калибровок, поставки сенсоров одного класса, прошивка и прогон политик на стенде до отгрузки.

Что именно масштабируете

Разделите: производство механики, сборка сенсорно-вычислительного комплекта, прошивка и калибровка, системный тест ячейки, логистика на сайт, ввод в эксплуатацию. Каждый этап имеет свой yield. Если на калибровке отсеивается 15% комплектов (оценка порядка величины, зависит от поставщика камер), «план 100 роботов в квартал» без запаса на этот отсев — фантазия в ERP.

Воспроизводимость важнее пиковой сборки

Пилот прощает ручную подстройку: инженер «чуть подвинул» камеру, переснял extrinsic, подобрал порог. На серии это убивает маржу и создаёт зоопарк конфигов. Вводите:

— фиксированные крепления и упоры под сенсоры;

— серийный номер связки «корпус–камера–IMU» в конфиге;

— автоматический отчёт калибровки с допусками (не

«OK» глазами);

— запрет ручного edit боевого конфига без change ticket.

Стенд и factory acceptance

Factory acceptance test (FAT) для Physical AI включает не только движение по траектории. Минимум: safety channels, latency p95 на hot path, perception на наборе эталонных объектов, повтор после холодного старта, проверка, что образ софта и хеш весов совпадают с релизом. Site acceptance (SAT) повторяет урезанный набор уже на полу заказчика с его освещением и EMI.

Без FAT/SAT контракт на поставку превращается в спор «у нас дома работало».

Поставки и alternate sources

Камеры и вычислители часто идут с одним lead time и одним аллокатором. Держите квалифицированный alternate: не «любая USB-камера», а вторая модель, прошедшая тот же пайплайн калибровки и тот же набор регрессов perception. Смена поставщика без регресса — скрытый редизайн продукта.

Версии на конвейере

На линии сборки должна быть одна текущая «золотая» связка BOM+софт. Параллельно — canary-партия на новый BOM. Смешивать на одном заказе нельзя: иначе field support не знает, какой playbook применять. Маркируйте корпус машиночитаемым ID, который тянет BOM revision и software train.

Люди и takt time

Сборка Physical AI ближе к приборостроению, чем к штамповке. Обучение сборщиков калибровке и прогону теста занимает недели. Если план роста опирается на «наберём людей с улицы», заложите ramp yield: первые партии будут медленнее и с большим процентом возврата на стенд.

Масштабирование данных и моделей

Производство железа не масштабирует само по себе качество политики. Нужен конвейер: эпизоды с поля → QC → дообучение/дистилляция → регресс → canary на парке. Иначе вы отдаёте заказчику одинаковые корпуса с разными «мозгами» двухмесячной давности и ловите деградацию на новых SKU.

Экономика серии

Смотрите не только cost of goods. Добавьте: стоимость калибровочного стенда на единицу, долю возвратов, стоимость field-fix после SAT, амортизацию альтернативных сенсоров на складе. Иногда выгоднее дороже комплектующие с стабильным firmware, чем дешёвые с плывущей геометрией.

Чеклист готовности к серии

Допуски калибровки в числах. FAT/SAT протоколы. Alternate на критичные сенсоры. ID→BOM→software train. Ramp plan по людям. Связка отгрузки с версией политики. Метрика yield по этапам, не только «собрали корпус».

Калибровочный стенд как узкое место

Стенд определяет takt сильнее сварки. Считайте

throughput стенда в комплектах в сутки и закладывайте очередь: если сборка делает 4 корпуса, а стенд принимает 2, незавершёнка растёт и портит мотивацию. Параллельность стендов упирается в эталоны, людей с допуском и стабильность освещения в калибровочной зоне — это тоже CAPEX.

Автоматизируйте отчёт: численные residual ошибки, дата, operator id, serial связки сенсоров. «Калибровка OK» без чисел не проходит gate. Партии с хвостом распределения residual не отгружают «на удачу» — их разбирают, иначе field ловит systematic bias.

Программный train на конвейере

Прошивка на линии — тот же релизный артефакт, что canary в поле, только с заводским ключом подписи. Запретите «дописать конфиг руками перед отгрузкой». Любая site-specific настройка уезжает параметром карты ограничений после SAT, не бинарником с флешки сборщика. Иначе у вас столько версий, сколько отгрузок.

Golden image лежит на read-only носителях с инвентарными номерами. Подмена образа «для ускорения» — security и quality инцидент одновременно.

Yield и скрытый брак

Брак после SAT у заказчика дороже брака на FAT в десять раз по репутации и логистике. Классифицируйте: механика, сенсор, кабель/EMI, софт, упаковка/транспорт. Если растёт доля «у них на полу не воспроизводится», проблема не в заказчике — в неполноте FAT (нет ночного освещения,

нет вибрации, нет соседнего частотника).

Добавьте в FAT короткий прогон рядом с типичным источником EMI или с записанным спектром сайта, если уже есть замеры. Это не идеальная копия поля, но отсекает наивные сюрпризы.

Ramp людей

Сертификация сборщика: N успешных калибровок подряд в допуске, сдача safety-чеклиста, запрет работы без наставника на первых сменах. Текучка на калибровке бьёт по yield сильнее текучки на корпусе. Платите и считайте эту роль отдельно, не как «ещё один слесарь».

План на срыв поставок

Если GPU/камера уезжает в allocation delay, заранее решите: пауза линии, переход на квалифицированный alternate, или отгрузка железа с отложенной активацией политики (хуже, но иногда нужно для кэша заказчика). Решение должно быть в playbook, не в пятничном созвоне.

Масштабирование производства без масштабирования данных — отгрузка красивых корпусов с мозгами прошлого квартала. Синхронизируйте план отгрузки с планом canary политик: нельзя обещать дату флота, если регресс на новых SKU не зелёный.

На смене важнее короткий runbook, чем толстый учебник: три шага, два запрета, один канал эскалации. В контексте «u0130» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Версия карты ограничений входит в

предикаты canary; несовпадение версий блокирует выкат без исключений «на этот раз». В контексте «u0130» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Журнал teleop с причиной (сенсор, планировщик, SKU, сеть, коллизия) обязателен для разбора экономики, не только для отладки. В контексте «u0130» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Второй сайт начинается с процедуры приёмки среды, а не с копирования conf-файла успешной ячейки. В контексте «u0130» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Mean time to diagnose падает, когда эпизод содержит state, keyframes и config hash; иначе field едет вслепую. В контексте «u0130» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Стимулы BD и сервиса должны стыковаться на одном stage-gate: иначе рост парка обгоняет способность чинить. В контексте «u0130» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Offline на hot path — не идеология, а условие контракта с OT; облако остаётся для обучения и аналитики флота. В контексте «u0130» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Редкий хвост SKU не обещают в пилоте; его выносят в out-of-scope или в отдельный платный этап сбора данных. В контексте «u0130» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Safety-канал не «улучшают» моделью: его тестируют отдельно, а ML живут в контуре с правом abort. В

контексте «u0130» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Еженедельно на одну страницу: abort top-3, age сенсоров, teleop share, stockout, время до первого лога. В контексте «u0130» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Alternate поставщик сенсора проходит тот же пайплайн калибровки; иначе это не alternate, а новый продукт. В контексте «u0130» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. OTA без дежурства и без окна — лотерея; сервисный календарь и релизный календарь пересекаются явно. В контексте «u0130» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Кастом сайта живут параметрами, не форком политики; у форка есть срок жизни и план слияния. В контексте «u0130» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Приёмка по demo-SKU, которых нет в ночной смене, создаёт ложную готовность линии. В контексте «u0130» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Data rights по умолчанию у заказчика; вендор получает обезличенные фичи только в объёме поддержки и с аудитом. В контексте «u0130» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. На смене важнее короткий runbook, чем толстый учебник: три шага, два запрета, один канал эскалации. В контексте «u0130» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Версия карты ограничений входит в предикаты canary; несовпаде-

ние версий блокирует выкат без исключений «на этот раз». В контексте «u0130» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Журнал teleop с причиной (сенсор, планировщик, SKU, сеть, коллизия) обязателен для разбора экономики, не только для отладки. В контексте «u0130» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Второй сайт начинается с процедуры приёмки среды, а не с копирования conf-файла успешной ячейки. В контексте «u0130» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Mean time to diagnose падает, когда эпизод содержит state, keyframes и config hash; иначе field едет вслепую. В контексте «u0130» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Стимулы BD и сервиса должны стыковаться на одном stage-gate: иначе рост парка обгоняет способность чинить. В контексте «u0130» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Offline на hot path — не идеология, а условие контракта с OT; облако остаётся для обучения и аналитики флота. В контексте «u0130» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Редкий хвост SKU не обещают в пилоте; его выносят в out-of-scope или в отдельный платный этап сбора данных. В контексте «u0130» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Safety-канал не «улучшают» моделью: его тестируют отдельно, а ML живут в контуре с правом abort. В контексте «u0130» фиксируй-

те наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Еженедельно на одну страницу: abort top-3, age сенсоров, teleop share, stockout, время до первого лога. В контексте «u0130» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Alternate поставщик сенсора проходит тот же пайплайн калибровки; иначе это не alternate, а новый продукт. В контексте «u0130» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. OTA без дежурства и без окна — лотерея; сервисный календарь и релизный календарь пересекаются явно. В контексте «u0130» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Кастом сайта живут параметрами, не форком политики; у форка есть срок жизни и план слияния. В контексте «u0130» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Приёмка по demo-SKU, которых нет в ночной смене, создаёт ложную готовность линии. В контексте «u0130» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Data rights по умолчанию у заказчика; вендор получает обезличенные фичи только в объёме поддержки и с аудитом. В контексте «u0130» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. На смене важнее короткий runbook, чем толстый учебник: три шага, два запрета, один канал эскалации. В контексте «u0130» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Версия карты ограничений входит в предикаты canary; несовпадение версий блокирует

выкат без исключений «на этот раз». В контексте «u0130» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Журнал teleop с причиной (сенсор, планировщик, SKU, сеть, коллизия) обязателен для разбора экономики, не только для отладки. В контексте «u0130» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Второй сайт начинается с процедуры приёмки среды, а не с копирования conf-файла успешной ячейки. В контексте «u0130» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Mean time to diagnose падает, когда эпизод содержит state, keyframes и config hash; иначе field едет вслепую. В контексте «u0130» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Стимулы BD и сервиса должны стыковаться на одном stage-gate: иначе рост парка обгоняет способность чинить. В контексте «u0130» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Offline на hot path — не идеология, а условие контракта с OT; облако остаётся для обучения и аналитики флота. В контексте «u0130» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Редкий хвост SKU не обещают в пилоте; его выносят в out-of-scope или в отдельный платный этап сбора данных. В контексте «u0130» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Safety-канал не «улучшают» моделью: его тестируют отдельно, а ML живут в контуре с правом abort. В контексте «u0130» фиксируйте наблюдаемый

эффект в метриках сайта, а не в презентации. Еженедельно на одну страницу: abort top-3, age сенсоров, teleop share, stockout, время до первого лога. В контексте «u0130» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Alternate поставщик сенсора проходит тот же пайплайн калибровки; иначе это не alternate, а новый продукт. В контексте «u0130» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. OTA без дежурства и без окна — лотерея; сервисный календарь и релизный календарь пересекаются явно. В контексте «u0130» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Кастом сайта живут параметрами, не форком политики; у форка есть срок жизни и план слияния. В контексте «u0130» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Приёмка по demo-SKU, которых нет в ночной смене, создаёт ложную готовность линии. В контексте «u0130» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Data rights по умолчанию у заказчика; вендор получает обезличенные фичи только в объёме поддержки и с аудитом. В контексте «u0130» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. На смене важнее короткий runbook, чем толстый учебник: три шага, два запрета, один канал эскалации. В контексте «u0130» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Версия карты ограничений входит в предикаты canary; несовпадение версий блокирует выкат без

исключений «на этот раз». В контексте «u0130» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Журнал teleop с причиной (сенсор, планировщик, SKU, сеть, коллизия) обязателен для разбора экономики, не только для отладки. В контексте «u0130» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Второй сайт начинается с процедуры приёмки среды, а не с копирования conf-файла успешной ячейки. В контексте «u0130» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Mean time to diagnose падает, когда эпизод содержит state, keyframes и config hash; иначе field едет вслепую. В контексте «u0130» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Стимулы BD и сервиса должны стыковаться на одном stage-gate: иначе рост парка обгоняет способность чинить. В контексте «u0130» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Offline на hot path — не идеология, а условие контракта с OT; облако остаётся для обучения и аналитики флота. В контексте «u0130» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Редкий хвост SKU не обещают в пилоте; его выносят в out-of-scope или в отдельный платный этап сбора данных. В контексте «u0130» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Safety-канал не «улучшают» моделью: его тестируют отдельно, а ML живут в контуре с правом abort. В контексте «u0130» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сай-

та, а не в презентации. Еженедельно на одну страницу: abort top-3, age сенсоров, teleop share, stockout, время до первого лога. В контексте «u0130» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Alternate поставщик сенсора проходит тот же пайплайн калибровки; иначе это не alternate, а новый продукт. В контексте «u0130» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации.

14. Закупки и контрактная модель

Закупка Physical AI — это закупка системы с открытым контуром ответственности: железо, софт, данные, интеграция в OT, сервис. Тендер «как на роботов-манипуляторы 2015 года» отсекает нужные требования и оставляет красивые спецификации момента.

Матрица требований

Дисквалифицирующие пункты (без них не смотрите цену):

— архитектура safety (что в SIL/PL-контуре, что в ML-контуре);

— возможность offline-инференса на ячейке;

— права на данные эпизодов и конфиги;

— rollback OTA и политика окон обновления;

— референс на сравнимом процессе (не «вообще робот на складе»);

— прозрачный journal вмешательств teleop.

Взвешиваемые: latency budget, поддержка ваших SKU-классов, открытость драйверов, наличие site profile/карты ограничений, стоимость alternate запчастей, условия выхода из RaaS.

Capex vs RaaS в договоре

Capex: яснее ownership железа, но легко купить «коробку», а мозги и обновления оставить в серой зоне. RaaS: вен-

дор мотивирован на uptime, но проверьте потолки индексации, право забрать веса/данные при выходе, что считается простоем по вине заказчика (Wi-Fi, освещение, SKU вне матрицы).

Гибрид часто честнее: железо и базовый контроллер — capex/лизинг; модель и remote triage — подписка с SLA.

Пилотный контракт отдельно

Пилот не должен наследовать штрафные санкции серийного SLA. Иначе команда боится честных abort и прячет teleop. В пилоте фиксируйте: цели обучения (какие отказы закрыть), уровень автономии по неделям, критерии exit (go/no-go), бюджет teleop, запрет на маркетинговые демо ценой срыва сбора данных.

Приложения к пилоту: словарь метрик, карта ограничений сайта, список SKU in/out of scope, протокол near miss.

Ответственность за setpoint и изменения линии

Кто имеет право менять освещение, стеллажи, упаковку, WMS-правила? Если заказчик двигает стеллаж на 30 см, а вендор узнаёт из тикета «робот стал тупым», в договоре дыра. Нужен change control: изменения среды = пересмотр карты ограничений и, при необходимости, пауза KPI.

Приёмка и платежи

Транши привязывайте к системным воротам: FAT, SAT, N дней canary с порогами near miss/age, передача runbook, обучение смены. Не к «модели v3» и не к слайду accuracy. Если accuracy не связана с cost per successful cycle на вашей

линии — это чужая метрика.

ИБ и доступ

Контракт описывает: кто ходит на VPN ячейки, как хранятся эпизоды, можно ли вывозить raw video, аудит действий remote. «Облако вендора по умолчанию» без раздела ИБ — красный флаг для ОТ.

Чеклист закупки

Дисквалификаторы safety/offline/data/rollback. Отдельный пилотный договор. Change control среды. Транши за ворота. ИБ-приложение. Условия exit из RaaS. Референс на класс задач, не на бренд.

Как читать ответы вендоров на тендер

Ищите конкретику: какой safety стандарт и что именно в certified контуре; где крутится инференс; пример лога abort; образец карты ограничений; список out-of-scope SKU; условия выхода и миграции. Общие фразы про «AI-powered autonomy» и «99%» без метода измерения — дисквалификация по зрелости, даже если цена низкая.

Референс-звонок с другим заказчиком готовьте списком вопросов: доля teleop ночью, кто чинит камеры, как часто OTA, был ли спор про data rights, что сломалось на втором сайте. Маркетинговый joint-call без технаря заказчика бесполезен.

Штрафы и стимулы

Штраф за downtime должен различать: отказ железа, отказ модели в заявленном домене, простой из-за среды заказчика,

простой из-за отсутствия запчасти на стороне вендора. Одна цифра «штраф за час» толкает к спорам и к скрытию причин. Лучше: service credits по классам + обязательный joint postmortem.

Бонус за uptime без требования полноты логов стимулирует «зелёные» дашборды с дырявыми эпизодами. Привяжите бонус к проверяемой полноте.

Пилот: деньги и выход

Фиксируйте потолок расходов заказчика на интеграцию со своей стороны (WMS-хуки, ограждения, сеть). Фиксируйте потолок teleop-часов вендора, после которого либо расширение бюджета, либо сужение scope. Exit: кто забирает железо, что происходит с данными, можно ли опубликовать кейс. Без exit-клаузулы пилот липнет мёртвым грузом.

Change control среды

Любое изменение освещения, стеллажей, упаковки, скоростей конвейера, правил WMS — ticket с оценкой влияния на карту ограничений. Пока ticket открыт, KPI автономии заморожены или переведены в информационный режим. Это кажется бюрократией; на деле спасает от обвинений «робот деградировал сам».

Юристы и OT в одной комнате

Контракт, который видели только юристы и sales, ломается о первую ночную смену. На review обязательны: OT/safety, владелец данных, сервис, ML runtime. Их красные флаги дешевле любого иска.

На смене важнее короткий runbook, чем толстый учебник: три шага, два запрета, один канал эскалации. В контексте «u0131» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Версия карты ограничений входит в предикаты canary; несовпадение версий блокирует выкат без исключений «на этот раз». В контексте «u0131» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Журнал teleop с причиной (сенсор, планировщик, SKU, сеть, коллизия) обязателен для разбора экономики, не только для отладки. В контексте «u0131» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Второй сайт начинается с процедуры приёмки среды, а не с копирования conf-файла успешной ячейки. В контексте «u0131» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Mean time to diagnose падает, когда эпизод содержит state, keyframes и config hash; иначе field едет вслепую. В контексте «u0131» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Стимулы BD и сервиса должны стыковаться на одном stage-gate: иначе рост парка обгоняет способность чинить. В контексте «u0131» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Offline на hot path — не идеология, а условие контракта с OT; облако остаётся для обучения и аналитики флота. В контексте «u0131» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Редкий хвост SKU не обещают в пилоте; его выносят в out-of-scope или в от-

дельный платный этап сбора данных. В контексте «u0131» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Safety-канал не «улучшают» моделью: его тестируют отдельно, а ML живут в контуре с правом abort. В контексте «u0131» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Еженедельно на одну страницу: abort top-3, age сенсоров, teleop share, stockout, время до первого лога. В контексте «u0131» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Alternate поставщик сенсора проходит тот же пайплайн калибровки; иначе это не alternate, а новый продукт. В контексте «u0131» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. OTA без дежурства и без окна — лотерея; сервисный календарь и релизный календарь пересекаются явно. В контексте «u0131» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Кастом сайта живут параметрами, не форком политики; у форка есть срок жизни и план слияния. В контексте «u0131» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Приёмка по demo-SKU, которых нет в ночной смене, создаёт ложную готовность линии. В контексте «u0131» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Data rights по умолчанию у заказчика; вендор получает обезличенные фичи только в объёме поддержки и с аудитом. В контексте «u0131» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. На смене важнее короткий

runbook, чем толстый учебник: три шага, два запрета, один канал эскалации. В контексте «u0131» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Версия карты ограничений входит в предикаты canary; несовпадение версий блокирует выкат без исключений «на этот раз». В контексте «u0131» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Журнал teleop с причиной (сенсор, планировщик, SKU, сеть, коллизия) обязателен для разбора экономики, не только для отладки. В контексте «u0131» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Второй сайт начинается с процедуры приёмки среды, а не с копирования conf-файла успешной ячейки. В контексте «u0131» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Mean time to diagnose падает, когда эпизод содержит state, keyframes и config hash; иначе field едет вслепую. В контексте «u0131» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Стимулы BD и сервиса должны стыковаться на одном stage-gate: иначе рост парка обгоняет способность чинить. В контексте «u0131» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Offline на hot path — не идеология, а условие контракта с OT; облако остаётся для обучения и аналитики флота. В контексте «u0131» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Редкий хвост SKU не обещают в пилоте; его выносят в out-of-scope или в отдельный платный этап сбора

данных. В контексте «u0131» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Safety-канал не «улучшают» моделью: его тестируют отдельно, а ML живут в контуре с правом abort. В контексте «u0131» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Еженедельно на одну страницу: abort top-3, age сенсоров, teleop share, stockout, время до первого лога. В контексте «u0131» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Alternate поставщик сенсора проходит тот же пайплайн калибровки; иначе это не alternate, а новый продукт. В контексте «u0131» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. OTA без дежурства и без окна — лотерея; сервисный календарь и релизный календарь пересекаются явно. В контексте «u0131» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Кастом сайта живут параметрами, не форком политики; у форка есть срок жизни и план слияния. В контексте «u0131» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Приёмка по demo-SKU, которых нет в ночной смене, создаёт ложную готовность линии. В контексте «u0131» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Data rights по умолчанию у заказчика; вендор получает обезличенные фичи только в объёме поддержки и с аудитом. В контексте «u0131» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. На смене важнее короткий runbook, чем толстый

учебник: три шага, два запрета, один канал эскалации. В контексте «u0131» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Версия карты ограничений входит в предикаты canary; несовпадение версий блокирует выкат без исключений «на этот раз». В контексте «u0131» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Журнал teleop с причиной (сенсор, планировщик, SKU, сеть, коллизия) обязателен для разбора экономики, не только для отладки. В контексте «u0131» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Второй сайт начинается с процедуры приёмки среды, а не с копирования conf-файла успешной ячейки. В контексте «u0131» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Mean time to diagnose падает, когда эпизод содержит state, keyframes и config hash; иначе field едет вслепую. В контексте «u0131» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Стимулы BD и сервиса должны стыковаться на одном stage-gate: иначе рост парка обгоняет способность чинить. В контексте «u0131» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Offline на hot path — не идеология, а условие контракта с OT; облако остаётся для обучения и аналитики флота. В контексте «u0131» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Редкий хвост SKU не обещают в пилоте; его выносят в out-of-scope или в отдельный платный этап сбора данных. В контек-

сте «u0131» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Safety-канал не «улучшают» моделью: его тестируют отдельно, а ML живут в контуре с правом abort. В контексте «u0131» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Еженедельно на одну страницу: abort top-3, age сенсоров, teleop share, stockout, время до первого лога. В контексте «u0131» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Alternate поставщик сенсора проходит тот же пайплайн калибровки; иначе это не alternate, а новый продукт. В контексте «u0131» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. OTA без дежурства и без окна — лотерея; сервисный календарь и релизный календарь пересекаются явно. В контексте «u0131» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Кастом сайта живут параметрами, не форком политики; у форка есть срок жизни и план слияния. В контексте «u0131» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Приёмка по demo-SKU, которых нет в ночной смене, создаёт ложную готовность линии. В контексте «u0131» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Data rights по умолчанию у заказчика; вендор получает обезличенные фичи только в объёме поддержки и с аудитом. В контексте «u0131» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. На смене важнее короткий runbook, чем толстый учебник:

три шага, два запрета, один канал эскалации. В контексте «u0131» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Версия карты ограничений входит в предикаты canary; несовпадение версий блокирует выкат без исключений «на этот раз». В контексте «u0131» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Журнал teleop с причиной (сенсор, планировщик, SKU, сеть, коллизия) обязателен для разбора экономики, не только для отладки. В контексте «u0131» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Второй сайт начинается с процедуры приёмки среды, а не с копирования conf-файла успешной ячейки. В контексте «u0131» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Mean time to diagnose падает, когда эпизод содержит state, keyframes и config hash; иначе field едет вслепую. В контексте «u0131» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Стимулы BD и сервиса должны стыковаться на одном stage-gate: иначе рост парка обгоняет способность чинить. В контексте «u0131» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Offline на hot path — не идеология, а условие контракта с OT; облако остаётся для обучения и аналитики флота. В контексте «u0131» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Редкий хвост SKU не обещают в пилоте; его выносят в out-of-scope или в отдельный платный этап сбора данных. В контексте «u0131»

фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Safety-канал не «улучшают» моделью: его тестируют отдельно, а ML живут в контуре с правом abort. В контексте «u0131» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Еженедельно на одну страницу: abort top-3, age сенсоров, teleop share, stockout, время до первого лога. В контексте «u0131» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Alternate поставщик сенсора проходит тот же пайплайн калибровки; иначе это не alternate, а новый продукт. В контексте «u0131» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. OTA без дежурства и без окна — лотерея; сервисный календарь и релизный календарь пересекаются явно. В контексте «u0131» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Кастом сайта живут параметрами, не форком политики; у форка есть срок жизни и план слияния. В контексте «u0131» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Приёмка по demo-SKU, которых нет в ночной смене, создаёт ложную готовность линии. В контексте «u0131» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Data rights по умолчанию у заказчика; вендор получает обезличенные фичи только в объёме поддержки и с аудитом. В контексте «u0131» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. На смене важнее короткий runbook, чем толстый учебник: три шага, два запрета, один

канал эскалации. В контексте «u0131» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Версия карты ограничений входит в предикаты canary; несовпадение версий блокирует выкат без исключений «на этот раз». В контексте «u0131» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации.

15. Инвестиции и капиталоёмкость

Physical AI капиталоёмок дважды: за железо и за данные/интеграцию. Инвестор, считающий только BOM робота, недооценивает стенды, парк для сбора эпизодов, полевой сервис и время до устойчивого unit economics.

Структура капитала проекта

Грубые корзины (доли зависят от вертикали; это рамка, не «точные 30/40»):

— железо и оснастка ячейки;

— сенсоры/вычислители и калибровочная инфраструктура;

— данные: разметка, QC, хранение, симулятор;

— интеграция OT/WMS/MES и safety;

— сервисный резерв и склад;

— runway команды до серии.

Пилот на одну ячейку часто «дешёвый» на бумаге и дорогой по скрытым людям: ML, OT, дежурства, ручной QC видео.

Stage-gates вместо бесконечного R&D

Инвестиционные транши логично вешать на наблюдаемые ворота: закрыт класс отказов A/B, canary без роста near miss, воспроизводимый FAT, unit economics в коридоре чувствительности, готовность сервиса к N машинам. «Улучшили модель» без связи с этими воротами — плохой триггер

оплаты.

Чувствительность к success и teleop

Модель экономики обязана содержать рычаги: success rate, cycle time, доля teleop, stockout запчастей, энергия, простой линии. Если success растёт, а teleop не падает — вы купили дорогой UI для оператора, не автономию. Спонсор должен видеть это на одном графике.

Сарех ловушки

Покупка лишних степеней свободы «на вырост». Склад экзотических сенсоров без alternate. Симулятор, который не связан с реальными доменами отказа. Масштабирование отгрузки раньше remote triage. Каждый пункт выглядит как прогресс и сжигает cash.

Внешний капитал и стратеги

Стратег-компонентщик может дать канал и склад, но притащит roadmap под свой чип/камеру. Финансовый инвестор давит на рост парка. Корпоративный заказчик-инвестор путает пилот у себя с рынком. Читайте не valuation — стимулы в совете директоров относительно вашего beachhead.

Когда не привлекать

Если не зафиксирован beachhead и словарь метрик, новый капитал ускорит хаос: больше сайтов, больше конфигов, меньше entropии данных на класс задач. Сначала узкий домен и повторяемый SAT, потом accelerator.

Отчётность для спонсора

Одна страница: burn, машины в поле, success, teleop, near

miss, lead time критичных spare, дата следующего stage-gate. Без этой страницы каждый статус превращается в storytelling.

Чеклист инвестиционного пакета

Карта капиталоёмкости по корзинам. Stage-gates. Таблица чувствительности. Сервисный резерв в модели. Beachhead и out-of-scope. Политика data rights. План alternate поставок.

Модель чувствительности на одной странице

Возьмите base case: success, cycle time, teleop share, spare stockout hours, energy, labor assist. Покажите delta unit economics при ±5 п.п. success и при удвоении teleop. Спонсоры понимают график быстрее, чем рассказ про архитектуру. Если экономика жива только при teleop < X и success > Y, эти X/Y становятся stage-gate, а не «надеемся».

Отдельно чувствительность к lead time критичной запчасти: что будет с runway, если камеры задержат на восемь недель. Это инвестиционный риск поставки, его часто забывают в ML-питчах.

Данные как CAPEX

Разметка, QC, хранение raw, симулятор, стенд для дообучения — не OPEX «по мелочи», а капитал, без которого железо не окупается. В бюджете раунды на данные должны быть видны отдельно. Обрезание data budget при сохранении плана отгрузки — классический путь к premature scaling.

Когда пилот честно не сходится

Если после согласованного окна пилота teleop не падает, а

карта ограничений растёт быстрее, чем закрываются классы отказов, правильный инвестиционный ход — stop или сузить домен, а не долить денег в тот же scope. Доливание без смены гипотезы сжигает доверие сильнее честного no-go.

Капитал и сервисный резерв

Часть раунда резервируйте на склад и remote triage до того, как BD обещает второй регион. Инвесторы любят growth; парк без сервиса возвращается репутационным долгом. Запишите резерв в use of funds явно.

Корпоративный заказчик как инвестор

Если стратегический инвестор — ещё и первый сайт, разведите конфликт: пилот у них не заменяет beachhead-рынок и не диктует roadmap в ущерб тиражируемости. Иначе продукт станет внутренней автоматизацией одного завода под видом компании.

На смене важнее короткий runbook, чем толстый учебник: три шага, два запрета, один канал эскалации. В контексте «u0132» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Версия карты ограничений входит в предикаты canary; несовпадение версий блокирует выкат без исключений «на этот раз». В контексте «u0132» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Журнал teleop с причиной (сенсор, планировщик, SKU, сеть, коллизия) обязателен для разбора экономики, не только для отладки. В контексте «u0132» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Второй сайт на-

чинается с процедуры приёмки среды, а не с копирования conf-файла успешной ячейки. В контексте «u0132» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Mean time to diagnose падает, когда эпизод содержит state, keyframes и config hash; иначе field едет вслепую. В контексте «u0132» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Стимулы BD и сервиса должны стыковаться на одном stage-gate: иначе рост парка обгоняет способность чинить. В контексте «u0132» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Offline на hot path — не идеология, а условие контракта с OT; облако остаётся для обучения и аналитики флота. В контексте «u0132» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Редкий хвост SKU не обещают в пилоте; его выносят в out-of-scope или в отдельный платный этап сбора данных. В контексте «u0132» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Safety-канал не «улучшают» моделью: его тестируют отдельно, а ML живут в контуре с правом abort. В контексте «u0132» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Еженедельно на одну страницу: abort top-3, age сенсоров, teleop share, stockout, время до первого лога. В контексте «u0132» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Alternate поставщик сенсора проходит тот же пайплайн калибровки; иначе это не alternate, а новый продукт. В контексте «u0132» фиксируйте наблюда-

емый эффект в метриках сайта, а не в презентации. OTA без дежурства и без окна — лотерея; сервисный календарь и релизный календарь пересекаются явно. В контексте «u0132» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Кастом сайта живут параметрами, не форком политики; у форка есть срок жизни и план слияния. В контексте «u0132» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Приёмка по demo-SKU, которых нет в ночной смене, создаёт ложную готовность линии. В контексте «u0132» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Data rights по умолчанию у заказчика; вендор получает обезличенные фичи только в объёме поддержки и с аудитом. В контексте «u0132» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. На смене важнее короткий runbook, чем толстый учебник: три шага, два запрета, один канал эскалации. В контексте «u0132» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Версия карты ограничений входит в предикаты canary; несовпадение версий блокирует выкат без исключений «на этот раз». В контексте «u0132» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Журнал teleop с причиной (сенсор, планировщик, SKU, сеть, коллизия) обязателен для разбора экономики, не только для отладки. В контексте «u0132» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Второй сайт начинается с процедуры приёмки среды,

а не с копирования conf-файла успешной ячейки. В контексте «u0132» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Mean time to diagnose падает, когда эпизод содержит state, keyframes и config hash; иначе field едет вслепую. В контексте «u0132» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Стимулы BD и сервиса должны стыковаться на одном stage-gate: иначе рост парка обгоняет способность чинить. В контексте «u0132» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Offline на hot path — не идеология, а условие контракта с OT; облако остаётся для обучения и аналитики флота. В контексте «u0132» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Редкий хвост SKU не обещают в пилоте; его выносят в out-of-scope или в отдельный платный этап сбора данных. В контексте «u0132» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Safety-канал не «улучшают» моделью: его тестируют отдельно, а ML живут в контуре с правом abort. В контексте «u0132» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Еженедельно на одну страницу: abort top-3, age сенсоров, teleop share, stockout, время до первого лога. В контексте «u0132» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Alternate поставщик сенсора проходит тот же пайплайн калибровки; иначе это не alternate, а новый продукт. В контексте «u0132» фиксируйте наблюдаемый эффект в

метриках сайта, а не в презентации. ОТА без дежурства и без окна — лотерея; сервисный календарь и релизный календарь пересекаются явно. В контексте «u0132» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Кастом сайта живут параметрами, не форком политики; у форка есть срок жизни и план слияния. В контексте «u0132» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Приёмка по demo-SKU, которых нет в ночной смене, создаёт ложную готовность линии. В контексте «u0132» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Data rights по умолчанию у заказчика; вендор получает обезличенные фичи только в объёме поддержки и с аудитом. В контексте «u0132» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. На смене важнее короткий runbook, чем толстый учебник: три шага, два запрета, один канал эскалации. В контексте «u0132» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Версия карты ограничений входит в предикаты canary; несовпадение версий блокирует выкат без исключений «на этот раз». В контексте «u0132» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Журнал teleop с причиной (сенсор, планировщик, SKU, сеть, коллизия) обязателен для разбора экономики, не только для отладки. В контексте «u0132» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Второй сайт начинается с процедуры приёмки среды, а не с копи-

рования conf-файла успешной ячейки. В контексте «u0132» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Mean time to diagnose падает, когда эпизод содержит state, keyframes и config hash; иначе field едет вслепую. В контексте «u0132» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Стимулы BD и сервиса должны стыковаться на одном stage-gate: иначе рост парка обгоняет способность чинить. В контексте «u0132» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Offline на hot path — не идеология, а условие контракта с OT; облако остаётся для обучения и аналитики флота. В контексте «u0132» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Редкий хвост SKU не обещают в пилоте; его выносят в out-of-scope или в отдельный платный этап сбора данных. В контексте «u0132» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Safety-канал не «улучшают» моделью: его тестируют отдельно, а ML живут в контуре с правом abort. В контексте «u0132» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Еженедельно на одну страницу: abort top-3, age сенсоров, teleop share, stockout, время до первого лога. В контексте «u0132» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Alternate поставщик сенсора проходит тот же пайплайн калибровки; иначе это не alternate, а новый продукт. В контексте «u0132» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в

презентации. OTA без дежурства и без окна — лотерея; сервисный календарь и релизный календарь пересекаются явно. В контексте «u0132» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Кастом сайта живут параметрами, не форком политики; у форка есть срок жизни и план слияния. В контексте «u0132» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Приёмка по demo-SKU, которых нет в ночной смене, создаёт ложную готовность линии. В контексте «u0132» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Data rights по умолчанию у заказчика; вендор получает обезличенные фичи только в объёме поддержки и с аудитом. В контексте «u0132» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. На смене важнее короткий runbook, чем толстый учебник: три шага, два запрета, один канал эскалации. В контексте «u0132» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Версия карты ограничений входит в предикаты canary; несовпадение версий блокирует выкат без исключений «на этот раз». В контексте «u0132» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Журнал teleop с причиной (сенсор, планировщик, SKU, сеть, коллизия) обязателен для разбора экономики, не только для отладки. В контексте «u0132» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Второй сайт начинается с процедуры приёмки среды, а не с копирования conf-файла успеш-

ной ячейки. В контексте «u0132» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Mean time to diagnose падает, когда эпизод содержит state, keyframes и config hash; иначе field едет вслепую. В контексте «u0132» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Стимулы BD и сервиса должны стыковаться на одном stage-gate: иначе рост парка обгоняет способность чинить. В контексте «u0132» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Offline на hot path — не идеология, а условие контракта с OT; облако остаётся для обучения и аналитики флота. В контексте «u0132» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Редкий хвост SKU не обещают в пилоте; его выносят в out-of-scope или в отдельный платный этап сбора данных. В контексте «u0132» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Safety-канал не «улучшают» моделью: его тестируют отдельно, а ML живут в контуре с правом abort. В контексте «u0132» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Еженедельно на одну страницу: abort top-3, age сенсоров, teleop share, stockout, время до первого лога. В контексте «u0132» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Alternate поставщик сенсора проходит тот же пайплайн калибровки; иначе это не alternate, а новый продукт. В контексте «u0132» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. OTA без

дежурства и без окна — лотерея; сервисный календарь и релизный календарь пересекаются явно. В контексте «u0132» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Кастом сайта живут параметрами, не форком политики; у форка есть срок жизни и план слияния. В контексте «u0132» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Приёмка по demo-SKU, которых нет в ночной смене, создаёт ложную готовность линии. В контексте «u0132» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Data rights по умолчанию у заказчика; вендор получает обезличенные фичи только в объёме поддержки и с аудитом. В контексте «u0132» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. На смене важнее короткий runbook, чем толстый учебник: три шага, два запрета, один канал эскалации. В контексте «u0132» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Версия карты ограничений входит в предикаты canary; несовпадение версий блокирует выкат без исключений «на этот раз». В контексте «u0132» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Журнал teleop с причиной (сенсор, планировщик, SKU, сеть, коллизия) обязателен для разбора экономики, не только для отладки. В контексте «u0132» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Второй сайт начинается с процедуры приёмки среды, а не с копирования conf-файла успешной ячейки. В контек-

сте «u0132» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Mean time to diagnose падает, когда эпизод содержит state, keyframes и config hash; иначе field едет вслепую. В контексте «u0132» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации.

16. Конкурентная стратегия

В Physical AI редко побеждает «лучший бенчмарк на видео». Побеждает связка: домен данных, канал внедрения, сервис и право на повторную продажу соседней операции. Стратегия — выбор, где вы будете достаточно хороши и незаменимы по сумме трения переключения.

Типы ставок

Корпус и механика: дифференциация через надёжность и стоимость владения, но легко коммодитизируется. Сенсорный стек: временное преимущество, пока поставщики не выровняются. Foundation-веса: дорого, спорно по переносу в ваш домен. Данные домена и карта ограничений: трудно копировать быстро. Интеграция+сервис: скучно на слайдах, держит контракт. Платформа runtime: выигрыш, если экосистема партнёров реальна, а не PDF.

Не обязательно играть во все. Нужно явно сказать, в какой ставке вы защищаемы через 24–36 месяцев (горизонт оценки, не обещание).

Как читать анонсы конкурентов

Отделяйте: лабораторный ролик, пилот у логотипа, серийный контракт с SLA, открытый API/ретеншн клиентов. Вопросы: какой SKU-класс, какая доля teleop, кто дежурит ночью, что в safety-контуре, можно ли унести данные. Без ответов «лидерство» — маркетинг.

Шкала зрелости 1–5 для внутреннего сравнения: демо → пилот с журналом → canary на одной линии → парк с сервисом → тиражируемый playbook на второй сайт. Сравнивайте конкурентов по этой шкале в вашем beachhead, не «вообще в роботах».

Beachhead и отказ от общего интеллекта

Стратегия «сначала общий гуманоид» размазывает данные. Стратегия «одна операция, один класс отказов, соседняя операция через shared tooling» накапливает актив. Конкурент с широким демо уязвим, если у вас глубже закрыты ночные смены и редкий хвост SKU в узком домене.

Цена переключения

Встройте switch cost честно: конфиги ячейки, обученные политики, интеграция WMS, привычка смены, склад запчастей под ваш tool. Если switch cost держится только на закрытых форматах без ценности — клиент возненавидит lock-in. Если на стоимости повторного SAT и переобучения — это нормальная защита.

Партнёр vs конкурент

Интегратор сегодня может стать конкурентом завтра с white-label. Компонентщик — тоже. В стратегии зафиксируйте: где вы open (драйверы, IDL), где closed (веса домена, playbook сервиса), где joint venture. Иначе экосистема съест маржу.

Чеклист стратегии

Явная ставка дифференциации. Шкала зрелости по кон-

курентам в beachhead. Политика open/closed. Switch cost, который клиент считает справедливым. План соседней операции, не «общий AGI на складе».

Дифференциация через время до правды

Конкурент с красивым демо проигрывает вам, если у вас быстрее полный эпизод, понятный код abort и field playbook. Покупатель OT платит за предсказуемый простой, не за лайки к ролику. Встройте «время до правды» в продуктовый нарратив и в SLA — это трудно скопировать за квартал.

Узкий домен как стратегия, не как слабость

Позиционирование «мы делаем только класс X на ночных сменах» звучит скромно и продаётся лучше, чем «общий складской интеллект». Соседние операции добавляйте, когда shared tooling и shared отказные классы реально переносятся. Стратегия расширения — граф смежности задач, не радиус пиара.

Ценовые войны

Демпинг RaaS без сервисного резерва убивает и вас, и ожидания рынка. Если конкурент демпингует, отвечайте scope и SLA, не ценой ниже себестоимости triage. Клиент, купленный ценой, уйдёт на следующей цене.

Найм как стратегический ресурс

Команды, которые умеют OT+ML+field, редки. Стратегия включает, кого не нанимаете: чистый research без пути в runtime, sales без квалификации сайта. Ошибочный найм размывает beachhead быстрее ошибочного пресс-релиза.

Сигналы отступления конкурента

Режут field, переходят только на демо, меняют beachhead каждый квартал, закрывают data rights в агрессивный lock-in, пропадают с референс-звонков. Не празднуйте — проверяйте, не уходите ли вы в тот же паттерн под давлением роста.

На смене важнее короткий runbook, чем толстый учебник: три шага, два запрета, один канал эскалации. В контексте «u0133» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Версия карты ограничений входит в предикаты canary; несовпадение версий блокирует выкат без исключений «на этот раз». В контексте «u0133» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Журнал teleop с причиной (сенсор, планировщик, SKU, сеть, коллизия) обязателен для разбора экономики, не только для отладки. В контексте «u0133» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Второй сайт начинается с процедуры приёмки среды, а не с копирования conf-файла успешной ячейки. В контексте «u0133» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Mean time to diagnose падает, когда эпизод содержит state, keyframes и config hash; иначе field едет вслепую. В контексте «u0133» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Стимулы BD и сервиса должны стыковаться на одном stage-gate: иначе рост парка обгоняет способность чинить. В контексте «u0133» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации.

Offline на hot path — не идеология, а условие контракта с OT; облако остаётся для обучения и аналитики флота. В контексте «u0133» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Редкий хвост SKU не обещают в пилоте; его выносят в out-of-scope или в отдельный платный этап сбора данных. В контексте «u0133» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Safety-канал не «улучшают» моделью: его тестируют отдельно, а ML живут в контуре с правом abort. В контексте «u0133» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Еженедельно на одну страницу: abort top-3, age сенсоров, teleop share, stockout, время до первого лога. В контексте «u0133» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Alternate поставщик сенсора проходит тот же пайплайн калибровки; иначе это не alternate, а новый продукт. В контексте «u0133» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. OTA без дежурства и без окна — лотерея; сервисный календарь и релизный календарь пересекаются явно. В контексте «u0133» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Кастом сайта живут параметрами, не форком политики; у форка есть срок жизни и план слияния. В контексте «u0133» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Приёмка по demo-SKU, которых нет в ночной смене, создаёт ложную готовность линии. В контексте «u0133» фиксируйте наблюдаемый эффект в мет-

риках сайта, а не в презентации. Data rights по умолчанию у заказчика; вендор получает обезличенные фичи только в объёме поддержки и с аудитом. В контексте «u0133» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. На смене важнее короткий runbook, чем толстый учебник: три шага, два запрета, один канал эскалации. В контексте «u0133» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Версия карты ограничений входит в предикаты canary; несовпадение версий блокирует выкат без исключений «на этот раз». В контексте «u0133» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Журнал teleop с причиной (сенсор, планировщик, SKU, сеть, коллизия) обязателен для разбора экономики, не только для отладки. В контексте «u0133» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Второй сайт начинается с процедуры приёмки среды, а не с копирования conf-файла успешной ячейки. В контексте «u0133» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Mean time to diagnose падает, когда эпизод содержит state, keyframes и config hash; иначе field едет вслепую. В контексте «u0133» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Стимулы BD и сервиса должны стыковаться на одном stage-gate: иначе рост парка обгоняет способность чинить. В контексте «u0133» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Offline на hot path — не идеология,

а условие контракта с OT; облако остаётся для обучения и аналитики флота. В контексте «u0133» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Редкий хвост SKU не обещают в пилоте; его выносят в out-of-scope или в отдельный платный этап сбора данных. В контексте «u0133» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Safety-канал не «улучшают» моделью: его тестируют отдельно, а ML живут в контуре с правом abort. В контексте «u0133» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Еженедельно на одну страницу: abort top-3, age сенсоров, teleop share, stockout, время до первого лога. В контексте «u0133» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Alternate поставщик сенсора проходит тот же пайплайн калибровки; иначе это не alternate, а новый продукт. В контексте «u0133» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. OTA без дежурства и без окна — лотерея; сервисный календарь и релизный календарь пересекаются явно. В контексте «u0133» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Кастом сайта живут параметрами, не форком политики; у форка есть срок жизни и план слияния. В контексте «u0133» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Приёмка по demo-SKU, которых нет в ночной смене, создаёт ложную готовность линии. В контексте «u0133» фиксируйте наблюдаемый эффект в метри-

ках сайта, а не в презентации. Data rights по умолчанию у заказчика; вендор получает обезличенные фичи только в объёме поддержки и с аудитом. В контексте «u0133» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. На смене важнее короткий runbook, чем толстый учебник: три шага, два запрета, один канал эскалации. В контексте «u0133» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Версия карты ограничений входит в предикаты canary; несовпадение версий блокирует выкат без исключений «на этот раз». В контексте «u0133» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Журнал teleop с причиной (сенсор, планировщик, SKU, сеть, коллизия) обязателен для разбора экономики, не только для отладки. В контексте «u0133» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Второй сайт начинается с процедуры приёмки среды, а не с копирования conf-файла успешной ячейки. В контексте «u0133» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Mean time to diagnose падает, когда эпизод содержит state, keyframes и config hash; иначе field едет вслепую. В контексте «u0133» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Стимулы BD и сервиса должны стыковаться на одном stage-gate: иначе рост парка обгоняет способность чинить. В контексте «u0133» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Offline на hot path — не идеология, а условие кон-

тракта с OT; облако остаётся для обучения и аналитики флота. В контексте «u0133» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Редкий хвост SKU не обещают в пилоте; его выносят в out-of-scope или в отдельный платный этап сбора данных. В контексте «u0133» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Safety-канал не «улучшают» моделью: его тестируют отдельно, а ML живут в контуре с правом abort. В контексте «u0133» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Еженедельно на одну страницу: abort top-3, age сенсоров, teleop share, stockout, время до первого лога. В контексте «u0133» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Alternate поставщик сенсора проходит тот же пайплайн калибровки; иначе это не alternate, а новый продукт. В контексте «u0133» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. OTA без дежурства и без окна — лотерея; сервисный календарь и релизный календарь пересекаются явно. В контексте «u0133» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Кастом сайта живут параметрами, не форком политики; у форка есть срок жизни и план слияния. В контексте «u0133» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Приёмка по demo-SKU, которых нет в ночной смене, создаёт ложную готовность линии. В контексте «u0133» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации.

Data rights по умолчанию у заказчика; вендор получает обезличенные фичи только в объёме поддержки и с аудитом. В контексте «u0133» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. На смене важнее короткий runbook, чем толстый учебник: три шага, два запрета, один канал эскалации. В контексте «u0133» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Версия карты ограничений входит в предикаты canary; несовпадение версий блокирует выкат без исключений «на этот раз». В контексте «u0133» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Журнал teleop с причиной (сенсор, планировщик, SKU, сеть, коллизия) обязателен для разбора экономики, не только для отладки. В контексте «u0133» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Второй сайт начинается с процедуры приёмки среды, а не с копирования conf-файла успешной ячейки. В контексте «u0133» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Mean time to diagnose падает, когда эпизод содержит state, keyframes и config hash; иначе field едет вслепую. В контексте «u0133» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Стимулы BD и сервиса должны стыковаться на одном stage-gate: иначе рост парка обгоняет способность чинить. В контексте «u0133» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Offline на hot path — не идеология, а условие контракта с OT; облако оста-

ётся для обучения и аналитики флота. В контексте «u0133» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Редкий хвост SKU не обещают в пилоте; его выносят в out-of-scope или в отдельный платный этап сбора данных. В контексте «u0133» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Safety-канал не «улучшают» моделью: его тестируют отдельно, а ML живут в контуре с правом abort. В контексте «u0133» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Еженедельно на одну страницу: abort top-3, age сенсоров, teleop share, stockout, время до первого лога. В контексте «u0133» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Alternate поставщик сенсора проходит тот же пайплайн калибровки; иначе это не alternate, а новый продукт. В контексте «u0133» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. OTA без дежурства и без окна — лотерея; сервисный календарь и релизный календарь пересекаются явно. В контексте «u0133» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Кастом сайта живут параметрами, не форком политики; у форка есть срок жизни и план слияния. В контексте «u0133» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Приёмка по demo-SKU, которых нет в ночной смене, создаёт ложную готовность линии. В контексте «u0133» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Data rights по умолчанию

у заказчика; вендор получает обезличенные фичи только в объёме поддержки и с аудитом. В контексте «u0133» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. На смене важнее короткий runbook, чем толстый учебник: три шага, два запрета, один канал эскалации. В контексте «u0133» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Версия карты ограничений входит в предикаты canary; несовпадение версий блокирует выкат без исключений «на этот раз». В контексте «u0133» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Журнал teleop с причиной (сенсор, планировщик, SKU, сеть, коллизия) обязателен для разбора экономики, не только для отладки. В контексте «u0133» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Второй сайт начинается с процедуры приёмки среды, а не с копирования conf-файла успешной ячейки. В контексте «u0133» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Mean time to diagnose падает, когда эпизод содержит state, keyframes и config hash; иначе field едет вслепую. В контексте «u0133» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Стимулы BD и сервиса должны стыковаться на одном stage-gate: иначе рост парка обгоняет способность чинить. В контексте «u0133» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации.

17. Партнёрства и экосистема

Один вендор редко закрывает манипулятор, зрение, WMS, safety PLC, монтаж и 24/7. Партнёрства неизбежны. Вопрос — кто несёт конец-конца ответственность, когда abort в три ночи.

Роли в экосистеме

Компонентщики (актуаторы, камеры, GPU). Платформы runtime/cloud. Интеграторы OT. Системные интеграторы ячейки. Сервисные сети. Канальные продавцы. Academia/data labeling. Путаница ролей — главный источник «все виноваты / никто не виноват».

В договоре альянса нужна одна точка эскалации для заказчика и внутренний RACI на отказ: сенсор, модель, PLC, сеть, оснастка.

Интегратор: друг и риск

Хороший интегратор знает сайт, людей, проводку. Плохой контракт с ним превращает ваш продукт в разовую кастомную машину без возврата опыта в продукт. Фиксируйте: какие изменения уходят в core, какие остаются site-specific, как делитесь эпизодами (с согласия заказчика), кто обновляет карту ограничений.

Cloud-партнёр

Облако полезно для обучения и флота-аналитики, опасно на hot path. Партнёрство не должно делать контроль хва-

та зависимым от WAN. В архитектурном приложении: что offline-обязательно, что eventual, где ключи, где логи.

Совместный GTM

Совместные пресс-релизы дешёвые. Совместные квоты и playbook продаж — дорогие и нужные. Без общих критериев квалификации сделки партнёр тащит неподходящие сайты, а вы тратите пилотный бюджет на out-of-scope.

IP и бренды

Кто владеет доработанной политикой на данных заказчика? Кто имеет право использовать логотип в кейсе? Без этого через год будет спор, который остановит расширение парка сильнее любой бага модели.

Управление альянсом

Квартальный разбор: совместные инциденты, пересечение roadmap, конфликты на тендерах, NPS полевого сервиса. Если альянс живёт только в слайдах BD — его нет.

Чеклист партнёрства

RACI на отказы. Offline-границы. Data/IP приложение. Квалификация сделок. Одна эскалация для клиента. Квартальный operational review.

RACI на конкретном отказе

Пример: потеря трека на тёмном SKU. Perception — vendor ML. Освещение — заказчик. Крепление камеры — интегратор. Порог abort — jointly, owner runtime vendor. Remote triage — vendor. Замена камеры — field partner. Без такой таблицы тикет гуляет неделю. Сделайте шаблоны

RACI на топ-10 кодов отказа и приложите к альянс-договору.

Совместный склад

Партнёрская сеть иногда держит запчасти лучше вендора. Тогда контракт на консигнацию и на стандарты хранения firmware-критичных партий. Иначе на региональном складе окажутся «похожие» камеры, и калибровка поедет.

Обучение партнёров

Интегратор без сертификации по вашему canary и карте ограничений опаснее конкурента: он продаёт ваше имя. Обязательная сертификация, срок пересдачи после major release, право отозвать статус. Это снижает скорость канала и повышает выживаемость парка — правильный tradeoff.

Конфликт на тендере

Два партнёра столкнулись на одном RFQ с вашим продуктом. Правила: кто зарегистрировал сделку первым в вашем CRM, кто имеет вертикальную специализацию, как делится маржа. Без правил экосистема превращается в полевую войну, клиент это чувствует.

Выход из партнёрства

Termination: доступ к системам, возврат носителей, уведомление заказчиков, переход сервиса. Прописывайте до медового месяца. Альянсы без exit-клаузулы держат вас в заложниках чужого quality.

На смене важнее короткий runbook, чем толстый учебник: три шага, два запрета, один канал эскалации. В контексте

«u0134» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Версия карты ограничений входит в предикаты canary; несовпадение версий блокирует выкат без исключений «на этот раз». В контексте «u0134» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Журнал teleop с причиной (сенсор, планировщик, SKU, сеть, коллизия) обязателен для разбора экономики, не только для отладки. В контексте «u0134» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Второй сайт начинается с процедуры приёмки среды, а не с копирования conf-файла успешной ячейки. В контексте «u0134» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Mean time to diagnose падает, когда эпизод содержит state, keyframes и config hash; иначе field едет вслепую. В контексте «u0134» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Стимулы BD и сервиса должны стыковаться на одном stage-gate: иначе рост парка обгоняет способность чинить. В контексте «u0134» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Offline на hot path — не идеология, а условие контракта с OT; облако остаётся для обучения и аналитики флота. В контексте «u0134» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Редкий хвост SKU не обещают в пилоте; его выносят в out-of-scope или в отдельный платный этап сбора данных. В контексте «u0134» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Safety-

канал не «улучшают» моделью: его тестируют отдельно, а ML живут в контуре с правом abort. В контексте «u0134» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Еженедельно на одну страницу: abort top-3, age сенсоров, teleop share, stockout, время до первого лога. В контексте «u0134» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Alternate поставщик сенсора проходит тот же пайплайн калибровки; иначе это не alternate, а новый продукт. В контексте «u0134» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. OTA без дежурства и без окна — лотерея; сервисный календарь и релизный календарь пересекаются явно. В контексте «u0134» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Кастом сайта живут параметрами, не форком политики; у форка есть срок жизни и план слияния. В контексте «u0134» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Приёмка по demo-SKU, которых нет в ночной смене, создаёт ложную готовность линии. В контексте «u0134» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Data rights по умолчанию у заказчика; вендор получает обезличенные фичи только в объёме поддержки и с аудитом. В контексте «u0134» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. На смене важнее короткий runbook, чем толстый учебник: три шага, два запрета, один канал эскалации. В контексте «u0134» фиксируйте наблюдаемый эффект в метри-

ках сайта, а не в презентации. Версия карты ограничений входит в предикаты canary; несовпадение версий блокирует выкат без исключений «на этот раз». В контексте «u0134» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Журнал teleop с причиной (сенсор, планировщик, SKU, сеть, коллизия) обязателен для разбора экономики, не только для отладки. В контексте «u0134» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Второй сайт начинается с процедуры приёмки среды, а не с копирования conf-файла успешной ячейки. В контексте «u0134» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Mean time to diagnose падает, когда эпизод содержит state, keyframes и config hash; иначе field едет вслепую. В контексте «u0134» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Стимулы BD и сервиса должны стыковаться на одном stage-gate: иначе рост парка обгоняет способность чинить. В контексте «u0134» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Offline на hot path — не идеология, а условие контракта с OT; облако остаётся для обучения и аналитики флота. В контексте «u0134» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Редкий хвост SKU не обещают в пилоте; его выносят в out-of-scope или в отдельный платный этап сбора данных. В контексте «u0134» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Safety-канал не «улучшают» мо-

делью: его тестируют отдельно, а ML живут в контуре с правом abort. В контексте «u0134» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Еженедельно на одну страницу: abort top-3, age сенсоров, teleop share, stockout, время до первого лога. В контексте «u0134» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Alternate поставщик сенсора проходит тот же пайплайн калибровки; иначе это не alternate, а новый продукт. В контексте «u0134» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. OTA без дежурства и без окна — лотерея; сервисный календарь и релизный календарь пересекаются явно. В контексте «u0134» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Кастом сайта живут параметрами, не форком политики; у форка есть срок жизни и план слияния. В контексте «u0134» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Приёмка по demo-SKU, которых нет в ночной смене, создаёт ложную готовность линии. В контексте «u0134» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Data rights по умолчанию у заказчика; вендор получает обезличенные фичи только в объёме поддержки и с аудитом. В контексте «u0134» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. На смене важнее короткий runbook, чем толстый учебник: три шага, два запрета, один канал эскалации. В контексте «u0134» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сай-

та, а не в презентации. Версия карты ограничений входит в предикаты canary; несовпадение версий блокирует выкат без исключений «на этот раз». В контексте «u0134» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Журнал teleop с причиной (сенсор, планировщик, SKU, сеть, коллизия) обязателен для разбора экономики, не только для отладки. В контексте «u0134» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Второй сайт начинается с процедуры приёмки среды, а не с копирования conf-файла успешной ячейки. В контексте «u0134» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Mean time to diagnose падает, когда эпизод содержит state, keyframes и config hash; иначе field едет вслепую. В контексте «u0134» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Стимулы BD и сервиса должны стыковаться на одном stage-gate: иначе рост парка обгоняет способность чинить. В контексте «u0134» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Offline на hot path — не идеология, а условие контракта с OT; облако остаётся для обучения и аналитики флота. В контексте «u0134» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Редкий хвост SKU не обещают в пилоте; его выносят в out-of-scope или в отдельный платный этап сбора данных. В контексте «u0134» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Safety-канал не «улучшают» моделью: его те-

стируют отдельно, а ML живут в контуре с правом abort. В контексте «u0134» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Еженедельно на одну страницу: abort top-3, age сенсоров, teleop share, stockout, время до первого лога. В контексте «u0134» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Alternate поставщик сенсора проходит тот же пайплайн калибровки; иначе это не alternate, а новый продукт. В контексте «u0134» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. OTA без дежурства и без окна — лотерея; сервисный календарь и релизный календарь пересекаются явно. В контексте «u0134» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Кастом сайта живут параметрами, не форком политики; у форка есть срок жизни и план слияния. В контексте «u0134» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Приёмка по demo-SKU, которых нет в ночной смене, создаёт ложную готовность линии. В контексте «u0134» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Data rights по умолчанию у заказчика; вендор получает обезличенные фичи только в объёме поддержки и с аудитом. В контексте «u0134» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. На смене важнее короткий runbook, чем толстый учебник: три шага, два запрета, один канал эскалации. В контексте «u0134» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Версия

карты ограничений входит в предикаты canary; несовпадение версий блокирует выкат без исключений «на этот раз». В контексте «u0134» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Журнал teleop с причиной (сенсор, планировщик, SKU, сеть, коллизия) обязателен для разбора экономики, не только для отладки. В контексте «u0134» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Второй сайт начинается с процедуры приёмки среды, а не с копирования conf-файла успешной ячейки. В контексте «u0134» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Mean time to diagnose падает, когда эпизод содержит state, keyframes и config hash; иначе field едет вслепую. В контексте «u0134» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Стимулы BD и сервиса должны стыковаться на одном stage-gate: иначе рост парка обгоняет способность чинить. В контексте «u0134» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Offline на hot path — не идеология, а условие контракта с OT; облако остаётся для обучения и аналитики флота. В контексте «u0134» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Редкий хвост SKU не обещают в пилоте; его выносят в out-of-scope или в отдельный платный этап сбора данных. В контексте «u0134» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Safety-канал не «улучшают» моделью: его тестируют отдельно, а ML живут

в контуре с правом abort. В контексте «u0134» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Еженедельно на одну страницу: abort top-3, age сенсоров, teleop share, stockout, время до первого лога. В контексте «u0134» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Alternate поставщик сенсора проходит тот же пайплайн калибровки; иначе это не alternate, а новый продукт. В контексте «u0134» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. OTA без дежурства и без окна — лотерея; сервисный календарь и релизный календарь пересекаются явно. В контексте «u0134» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Кастом сайта живут параметрами, не форком политики; у форка есть срок жизни и план слияния. В контексте «u0134» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Приёмка по demo-SKU, которых нет в ночной смене, создаёт ложную готовность линии. В контексте «u0134» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Data rights по умолчанию у заказчика; вендор получает обезличенные фичи только в объёме поддержки и с аудитом. В контексте «u0134» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. На смене важнее короткий runbook, чем толстый учебник: три шага, два запрета, один канал эскалации. В контексте «u0134» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Версия карты ограничений

входит в предикаты canary; несовпадение версий блокирует выкат без исключений «на этот раз». В контексте «u0134» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Журнал teleop с причиной (сенсор, планировщик, SKU, сеть, коллизия) обязателен для разбора экономики, не только для отладки. В контексте «u0134» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Второй сайт начинается с процедуры приёмки среды, а не с копирования conf-файла успешной ячейки. В контексте «u0134» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Mean time to diagnose падает, когда эпизод содержит state, keyframes и config hash; иначе field едет вслепую. В контексте «u0134» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Стимулы BD и сервиса должны стыковаться на одном stage-gate: иначе рост парка обгоняет способность чинить. В контексте «u0134» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Offline на hot path — не идеология, а условие контракта с OT; облако остаётся для обучения и аналитики флота. В контексте «u0134» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Редкий хвост SKU не обещают в пилоте; его выносят в out-of-scope или в отдельный платный этап сбора данных. В контексте «u0134» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Safety-канал не «улучшают» моделью: его тестируют отдельно, а ML живут в контуре с пра-

вом abort. В контексте «u0134» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Еженедельно на одну страницу: abort top-3, age сенсоров, teleop share, stockout, время до первого лога. В контексте «u0134» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации.

18. Управление портфелем роботов

Портфель — не список серийных номеров. Это распределение риска: типы задач, поколения железа, ветки софта, сайты, уровни автономии. Управляют портфелем как парком с разными режимами отказа, а не как однотипным флотом самокатов.

Оси портфеля

Задача/SKU-класс. Поколение манипулятора/мобильной базы. Сенсорный комплект. Software train (LTS vs canary). Сайт и карта ограничений. Контрактная модель (capex/RaaS). Доля teleop. Без этих осей «средний success по компании» врёт: смешивает зрелую линию и вчерашний пилот.

Политика версий

Сколько software train держите одновременно? Правило thumb: один LTS на парк, один canary, один hotfix-канал. Больше — полевой хаос. Меньше — невозможность безопасного эксперимента. Привязка машины к train должна быть в CMDB, не в чате.

Баланс пилотов и cash-cow ячеек

Пилоты жрут внимание сильных инженеров. Если все старшие сидят на новых формах-факторах, LTS-парк деградирует: растёт age сенсоров, копится долг калибровок, teleop ползёт вверх. В портфеле резервируйте capacity на «скучный» sustaining.

Стандартизация vs кастом

Каждый site-specific fork снижает скорость OTA и повышает стоимость сервиса. Разрешайте кастом только через параметры карты ограничений и tool profiles, не через форк политики. Если форк неизбежен — срок жизни и план слияния в core.

Метрики портфеля

Не только utilization. Смотрите: распределение near miss по поколениям, запас lead time по SKU запчастей, долю машин на устаревшем train, концентрацию риска на одном поставщике сенсоров, процент сайтов без обновлённой карты ограничений за квартал.

Вывод из эксплуатации

EOL железа и EOL модели — разные события. План: когда прекращается OTA, как мигрируют данные, чем заменяют tool, что остаётся заказчику по контракту. Без EOL-политики портфель наполняется зомби-машинами с уникальными playbook.

Чеклист портфеля

CMDB с осями выше. Лимит software train. Capacity на sustaining. Правила кастома. EOL playbook. Дашборд риска поставщиков и age.

CMDB, без которой портфель не существует

Минимум полей: site, cell id, BOM revision, software train, sensor batch ids, last calibration date, map-of-constraints version, contract type, teleop flag, spare kit id. Обновление

CMDB — часть release и часть SAT, не «когда будет время». Любой дашборд парка строится из CMDB; Excel на стороне PM — признак, что управления нет.

Лимиты риска

Ограничьте долю парка на одном поставщике камер, на одном software train, на одном сайте-канале выручки. Лимиты скучные и спасают от одномоментного стопа. Пересмотр лимитов — квартальный, с подписью владельца портфеля.

Sundown пилотов

У пилота есть дата sundown: к ней либо перевод в LTS с сервисом, либо демонтаж и разбор. Вечные пилоты засоряют портфель уникальными конфигами и отвлекают sustaining. BD не может продлевать пилот бесконечно без stage-gate и бюджета сервиса.

Распределение внимания инженеров

Явная квота: например, не меньше фиксированной доли capacity на LTS-парк (конкретную долю зафиксируйте у себя по факту размера парка). Публикуйте internally, кто на fires, кто на core. Иначе fires всегда побеждают, и портфель гниёт тихо.

Метрики, которые видит спонсор

Heatmap: сайты × near miss, train × age сенсоров, поколение × teleop. Один экран. Если спонсор видит только «средний success», он примет решение о масштабе вслепую.

На смене важнее короткий runbook, чем толстый учебник: три шага, два запрета, один канал эскалации. В контексте

«u0135» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Версия карты ограничений входит в предикаты canary; несовпадение версий блокирует выкат без исключений «на этот раз». В контексте «u0135» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Журнал teleop с причиной (сенсор, планировщик, SKU, сеть, коллизия) обязателен для разбора экономики, не только для отладки. В контексте «u0135» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Второй сайт начинается с процедуры приёмки среды, а не с копирования conf-файла успешной ячейки. В контексте «u0135» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Mean time to diagnose падает, когда эпизод содержит state, keyframes и config hash; иначе field едет вслепую. В контексте «u0135» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Стимулы BD и сервиса должны стыковаться на одном stage-gate: иначе рост парка обгоняет способность чинить. В контексте «u0135» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Offline на hot path — не идеология, а условие контракта с OT; облако остаётся для обучения и аналитики флота. В контексте «u0135» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Редкий хвост SKU не обещают в пилоте; его выносят в out-of-scope или в отдельный платный этап сбора данных. В контексте «u0135» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Safety-

канал не «улучшают» моделью: его тестируют отдельно, а ML живут в контуре с правом abort. В контексте «u0135» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Еженедельно на одну страницу: abort top-3, age сенсоров, teleop share, stockout, время до первого лога. В контексте «u0135» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Alternate поставщик сенсора проходит тот же пайплайн калибровки; иначе это не alternate, а новый продукт. В контексте «u0135» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. OTA без дежурства и без окна — лотерея; сервисный календарь и релизный календарь пересекаются явно. В контексте «u0135» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Кастом сайта живут параметрами, не форком политики; у форка есть срок жизни и план слияния. В контексте «u0135» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Приёмка по demo-SKU, которых нет в ночной смене, создаёт ложную готовность линии. В контексте «u0135» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Data rights по умолчанию у заказчика; вендор получает обезличенные фичи только в объёме поддержки и с аудитом. В контексте «u0135» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. На смене важнее короткий runbook, чем толстый учебник: три шага, два запрета, один канал эскалации. В контексте «u0135» фиксируйте наблюдаемый эффект в метри-

ках сайта, а не в презентации. Версия карты ограничений входит в предикаты canary; несовпадение версий блокирует выкат без исключений «на этот раз». В контексте «u0135» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Журнал teleop с причиной (сенсор, планировщик, SKU, сеть, коллизия) обязателен для разбора экономики, не только для отладки. В контексте «u0135» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Второй сайт начинается с процедуры приёмки среды, а не с копирования conf-файла успешной ячейки. В контексте «u0135» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Mean time to diagnose падает, когда эпизод содержит state, keyframes и config hash; иначе field едет вслепую. В контексте «u0135» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Стимулы BD и сервиса должны стыковаться на одном stage-gate: иначе рост парка обгоняет способность чинить. В контексте «u0135» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Offline на hot path — не идеология, а условие контракта с OT; облако остаётся для обучения и аналитики флота. В контексте «u0135» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Редкий хвост SKU не обещают в пилоте; его выносят в out-of-scope или в отдельный платный этап сбора данных. В контексте «u0135» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Safety-канал не «улучшают» мо-

делью: его тестируют отдельно, а ML живут в контуре с правом abort. В контексте «u0135» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Еженедельно на одну страницу: abort top-3, age сенсоров, teleop share, stockout, время до первого лога. В контексте «u0135» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Alternate поставщик сенсора проходит тот же пайплайн калибровки; иначе это не alternate, а новый продукт. В контексте «u0135» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. OTA без дежурства и без окна — лотерея; сервисный календарь и релизный календарь пересекаются явно. В контексте «u0135» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Кастом сайта живут параметрами, не форком политики; у форка есть срок жизни и план слияния. В контексте «u0135» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Приёмка по demo-SKU, которых нет в ночной смене, создаёт ложную готовность линии. В контексте «u0135» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Data rights по умолчанию у заказчика; вендор получает обезличенные фичи только в объёме поддержки и с аудитом. В контексте «u0135» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. На смене важнее короткий runbook, чем толстый учебник: три шага, два запрета, один канал эскалации. В контексте «u0135» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сай-

та, а не в презентации. Версия карты ограничений входит в предикаты canary; несовпадение версий блокирует выкат без исключений «на этот раз». В контексте «u0135» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Журнал teleop с причиной (сенсор, планировщик, SKU, сеть, коллизия) обязателен для разбора экономики, не только для отладки. В контексте «u0135» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Второй сайт начинается с процедуры приёмки среды, а не с копирования conf-файла успешной ячейки. В контексте «u0135» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Mean time to diagnose падает, когда эпизод содержит state, keyframes и config hash; иначе field едет вслепую. В контексте «u0135» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Стимулы BD и сервиса должны стыковаться на одном stage-gate: иначе рост парка обгоняет способность чинить. В контексте «u0135» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Offline на hot path — не идеология, а условие контракта с OT; облако остаётся для обучения и аналитики флота. В контексте «u0135» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Редкий хвост SKU не обещают в пилоте; его выносят в out-of-scope или в отдельный платный этап сбора данных. В контексте «u0135» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Safety-канал не «улучшают» моделью: его те-

стируют отдельно, а ML живут в контуре с правом abort. В контексте «u0135» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Еженедельно на одну страницу: abort top-3, age сенсоров, teleop share, stockout, время до первого лога. В контексте «u0135» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Alternate поставщик сенсора проходит тот же пайплайн калибровки; иначе это не alternate, а новый продукт. В контексте «u0135» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. OTA без дежурства и без окна — лотерея; сервисный календарь и релизный календарь пересекаются явно. В контексте «u0135» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Кастом сайта живут параметрами, не форком политики; у форка есть срок жизни и план слияния. В контексте «u0135» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Приёмка по demo-SKU, которых нет в ночной смене, создаёт ложную готовность линии. В контексте «u0135» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Data rights по умолчанию у заказчика; вендор получает обезличенные фичи только в объёме поддержки и с аудитом. В контексте «u0135» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. На смене важнее короткий runbook, чем толстый учебник: три шага, два запрета, один канал эскалации. В контексте «u0135» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Версия

карты ограничений входит в предикаты canary; несовпадение версий блокирует выкат без исключений «на этот раз». В контексте «u0135» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Журнал teleop с причиной (сенсор, планировщик, SKU, сеть, коллизия) обязателен для разбора экономики, не только для отладки. В контексте «u0135» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Второй сайт начинается с процедуры приёмки среды, а не с копирования conf-файла успешной ячейки. В контексте «u0135» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Mean time to diagnose падает, когда эпизод содержит state, keyframes и config hash; иначе field едет вслепую. В контексте «u0135» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Стимулы BD и сервиса должны стыковаться на одном stage-gate: иначе рост парка обгоняет способность чинить. В контексте «u0135» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Offline на hot path — не идеология, а условие контракта с OT; облако остаётся для обучения и аналитики флота. В контексте «u0135» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Редкий хвост SKU не обещают в пилоте; его выносят в out-of-scope или в отдельный платный этап сбора данных. В контексте «u0135» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Safety-канал не «улучшают» моделью: его тестируют отдельно, а ML живут

в контуре с правом abort. В контексте «u0135» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Еженедельно на одну страницу: abort top-3, age сенсоров, teleop share, stockout, время до первого лога. В контексте «u0135» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Alternate поставщик сенсора проходит тот же пайплайн калибровки; иначе это не alternate, а новый продукт. В контексте «u0135» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. OTA без дежурства и без окна — лотерея; сервисный календарь и релизный календарь пересекаются явно. В контексте «u0135» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Кастом сайта живут параметрами, не форком политики; у форка есть срок жизни и план слияния. В контексте «u0135» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Приёмка по demo-SKU, которых нет в ночной смене, создаёт ложную готовность линии. В контексте «u0135» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Data rights по умолчанию у заказчика; вендор получает обезличенные фичи только в объёме поддержки и с аудитом. В контексте «u0135» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. На смене важнее короткий runbook, чем толстый учебник: три шага, два запрета, один канал эскалации. В контексте «u0135» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Версия карты ограничений

входит в предикаты canary; несовпадение версий блокирует выкат без исключений «на этот раз». В контексте «u0135» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Журнал teleop с причиной (сенсор, планировщик, SKU, сеть, коллизия) обязателен для разбора экономики, не только для отладки. В контексте «u0135» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Второй сайт начинается с процедуры приёмки среды, а не с копирования conf-файла успешной ячейки. В контексте «u0135» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Mean time to diagnose падает, когда эпизод содержит state, keyframes и config hash; иначе field едет вслепую. В контексте «u0135» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Стимулы BD и сервиса должны стыковаться на одном stage-gate: иначе рост парка обгоняет способность чинить. В контексте «u0135» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Offline на hot path — не идеология, а условие контракта с OT; облако остаётся для обучения и аналитики флота. В контексте «u0135» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Редкий хвост SKU не обещают в пилоте; его выносят в out-of-scope или в отдельный платный этап сбора данных. В контексте «u0135» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Safety-канал не «улучшают» моделью: его тестируют отдельно, а ML живут в контуре с пра-

вом abort. В контексте «u0135» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации.

19. Разбор провалов и преждевременного масштабирования

Провалы Physical AI редко выглядят как «нейросеть не сошлась». Чаще: рано умножили число сайтов, спрятали teleop, не обновили карту ограничений, продали demo-SKU как готовность линии, забыли склад и ночную смену.

Типовые сюжеты

Масштаб после одного удачного дня съёмки. OTA на весь парк без canary. Второй сайт с копией конфига. Контрактные штрафы на пилоте → ложь в метриках. Найм «только ML» без OT. Safety как слайд, не как канал. Данные без QC → модель уверенно ошибается. Сервис без remote triage → field тонет.

Каждый сюжет оставляет следы в логах, если логи есть. Если логов нет — это тоже провал дизайна.

Premature scaling: симптомы

Растёт число машин, падает полнота эпизодов. Success стабилен, teleop растёт. Near miss «разбирают устно». Конфиги размножаются без версий. Спонсор слышит только green KPI. Инженеры тушат поле и не успевают закрывать класс отказов.

Правило: success↑ + скрытый teleop↑ = откат масштаба, не

пресс-релиз.

Как разбирать инцидент

Лента времени: среда, конфиг hash, версии, команды оператора, сеть, safety events. Отделить: новый домен vs регрессия vs операционный сбой. Запись в карту ограничений. Тест, который поймал бы это на canary. Если теста нет — его создают до следующего выката, иначе разбор — театр.

Организационные причины

Стимулы BD опережают стимулы сервиса. Пилотная команда расформирована в день «успеха». Нет владельца словаря метрик. ОТ узнаёт о ML-отказе из мессенджера. Это чинится RACI и календарём stage-gates, не новой архитектурой сети.

Что сохранять из провала

Эпизоды (с правами), список ложных допущений, обновлённый out-of-scope, стоимость реально понесённого teleop, решение go/no-go без косметики. Провал, из которого не обновили карту ограничений, купит следующий спонсор снова.

Анти-паттерны разбора

Поиск виноватого модельщика. Запрет teleop-журнала. «Уникальный случай» без теста. Масштабирование как способ убежать от проблем пилота. Постмортем без владельца действий и срока.

Чеклист после провала

Полный пакет эпизода. Обновление карты. Регресс-тест. Решение по масштабу (стоп/узкий canary). Пересмотр кон-

трактных стимулов, если они толкали к лжи. Сообщение смене: что изменилось в runbook.

Кейс-паттерн: второй сайт

Первый сайт зелёный. Второй копирует конфиг. Освещение другое, пол бликует, Wi-Fi хуже, ночная смена не обучена. Success падает, teleop растёт, BD требует «подкрутить модель». Правильный разбор: остановить копирование, провести карту ограничений заново, сузить SKU, вернуть canary. Неправильный: срочный OTA на оба сайта и пресс-релиз о расширении.

Кейс-паттерн: скрытый teleop

Операторы спасают KPI, вмешательства не логируются. Инвесторам показывают рост автономии. Через квартал текучка операторов — и «автономия» обваливается. Лечение: журнал вмешательств как условие приёмки, аудит смены, запрет бонусов, завязанных только на success без teleop.

Кейс-паттерн: штрафы на пилоте

Контракт с штрафами как у серии. Команда боится abort, сужает домен молча, не собирает трудные эпизоды. Модель не учится. На серии взрыв. Лечение: пилотные KPI learning-oriented, штрафы только за safety и за ложь в отчётности.

Кейс-паттерн: данные без QC

Сырые часы видео «для foundation». Внутри — разъехавшаяся синхронизация, чужие конфиги, ручные хваты без тегов. Обучение проходит, полевая деградация растёт. Лечение: QC gates, отбраковка, бюджет на качество, а не на тера-

байты.

Восстановление доверия

После провала заказчику нужен не новый слайд, а: что изменилось в runbook, какой тест добавлен, какой scope сужен, кто personally on-call, когда следующий совместный разбор. Доверие чинится ритмом выполнения, не тоном письма.

Институционализация

Каталог провалов внутренний: анонимизированные сюжеты, симптомы, контрмеры. Онбординг BD и PM обязан включать три таких сюжета. Компании без памяти повторяют premature scaling под новым названием вертикали.

На смене важнее короткий runbook, чем толстый учебник: три шага, два запрета, один канал эскалации. В контексте «u0136» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Версия карты ограничений входит в предикаты canary; несовпадение версий блокирует выкат без исключений «на этот раз». В контексте «u0136» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Журнал teleop с причиной (сенсор, планировщик, SKU, сеть, коллизия) обязателен для разбора экономики, не только для отладки. В контексте «u0136» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Второй сайт начинается с процедуры приёмки среды, а не с копирования conf-файла успешной ячейки. В контексте «u0136» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Mean time to diagnose падает, когда эпизод содержит

state, keyframes и config hash; иначе field едет вслепую. В контексте «u0136» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Стимулы BD и сервиса должны стыковаться на одном stage-gate: иначе рост парка обгоняет способность чинить. В контексте «u0136» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Offline на hot path — не идеология, а условие контракта с OT; облако остаётся для обучения и аналитики флота. В контексте «u0136» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Редкий хвост SKU не обещают в пилоте; его выносят в out-of-scope или в отдельный платный этап сбора данных. В контексте «u0136» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Safety-канал не «улучшают» моделью: его тестируют отдельно, а ML живут в контуре с правом abort. В контексте «u0136» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Еженедельно на одну страницу: abort top-3, age сенсоров, teleop share, stockout, время до первого лога. В контексте «u0136» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Alternate поставщик сенсора проходит тот же пайплайн калибровки; иначе это не alternate, а новый продукт. В контексте «u0136» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. OTA без дежурства и без окна — лотерея; сервисный календарь и релизный календарь пересекаются явно. В контексте «u0136» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в

презентации. Кастом сайта живут параметрами, не форком политики; у форка есть срок жизни и план слияния. В контексте «u0136» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Приёмка по demo-SKU, которых нет в ночной смене, создаёт ложную готовность линии. В контексте «u0136» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Data rights по умолчанию у заказчика; вендор получает обезличенные фичи только в объёме поддержки и с аудитом. В контексте «u0136» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. На смене важнее короткий runbook, чем толстый учебник: три шага, два запрета, один канал эскалации. В контексте «u0136» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Версия карты ограничений входит в предикаты canary; несовпадение версий блокирует выкат без исключений «на этот раз». В контексте «u0136» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Журнал teleop с причиной (сенсор, планировщик, SKU, сеть, коллизия) обязателен для разбора экономики, не только для отладки. В контексте «u0136» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Второй сайт начинается с процедуры приёмки среды, а не с копирования conf-файла успешной ячейки. В контексте «u0136» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Mean time to diagnose падает, когда эпизод содержит state, keyframes и config hash; иначе field

едет вслепую. В контексте «u0136» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Стимулы BD и сервиса должны стыковаться на одном stage-gate: иначе рост парка обгоняет способность чинить. В контексте «u0136» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Offline на hot path — не идеология, а условие контракта с OT; облако остаётся для обучения и аналитики флота. В контексте «u0136» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Редкий хвост SKU не обещают в пилоте; его выносят в out-of-scope или в отдельный платный этап сбора данных. В контексте «u0136» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Safety-канал не «улучшают» моделью: его тестируют отдельно, а ML живут в контуре с правом abort. В контексте «u0136» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Еженедельно на одну страницу: abort top-3, age сенсоров, teleop share, stockout, время до первого лога. В контексте «u0136» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Alternate поставщик сенсора проходит тот же пайплайн калибровки; иначе это не alternate, а новый продукт. В контексте «u0136» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. OTA без дежурства и без окна — лотерея; сервисный календарь и релизный календарь пересекаются явно. В контексте «u0136» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презента-

ции. Кастом сайта живут параметрами, не форком политики; у форка есть срок жизни и план слияния. В контексте «u0136» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Приёмка по demo-SKU, которых нет в ночной смене, создаёт ложную готовность линии. В контексте «u0136» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Data rights по умолчанию у заказчика; вендор получает обезличенные фичи только в объёме поддержки и с аудитом. В контексте «u0136» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. На смене важнее короткий runbook, чем толстый учебник: три шага, два запрета, один канал эскалации. В контексте «u0136» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Версия карты ограничений входит в предикаты canary; несовпадение версий блокирует выкат без исключений «на этот раз». В контексте «u0136» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Журнал teleop с причиной (сенсор, планировщик, SKU, сеть, коллизия) обязателен для разбора экономики, не только для отладки. В контексте «u0136» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Второй сайт начинается с процедуры приёмки среды, а не с копирования conf-файла успешной ячейки. В контексте «u0136» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Mean time to diagnose падает, когда эпизод содержит state, keyframes и config hash; иначе field едет всле-

пую. В контексте «u0136» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Стимулы BD и сервиса должны стыковаться на одном stage-gate: иначе рост парка обгоняет способность чинить. В контексте «u0136» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Offline на hot path — не идеология, а условие контракта с OT; облако остаётся для обучения и аналитики флота. В контексте «u0136» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Редкий хвост SKU не обещают в пилоте; его выносят в out-of-scope или в отдельный платный этап сбора данных. В контексте «u0136» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Safety-канал не «улучшают» моделью: его тестируют отдельно, а ML живут в контуре с правом abort. В контексте «u0136» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Еженедельно на одну страницу: abort top-3, age сенсоров, teleop share, stockout, время до первого лога. В контексте «u0136» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Alternate поставщик сенсора проходит тот же пайплайн калибровки; иначе это не alternate, а новый продукт. В контексте «u0136» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. OTA без дежурства и без окна — лотерея; сервисный календарь и релизный календарь пересекаются явно. В контексте «u0136» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Кастом сайта живут

параметрами, не форком политики; у форка есть срок жизни и план слияния. В контексте «u0136» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Приёмка по demo-SKU, которых нет в ночной смене, создаёт ложную готовность линии. В контексте «u0136» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Data rights по умолчанию у заказчика; вендор получает обезличенные фичи только в объёме поддержки и с аудитом. В контексте «u0136» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. На смене важнее короткий runbook, чем толстый учебник: три шага, два запрета, один канал эскалации. В контексте «u0136» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Версия карты ограничений входит в предикаты canary; несовпадение версий блокирует выкат без исключений «на этот раз». В контексте «u0136» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Журнал teleop с причиной (сенсор, планировщик, SKU, сеть, коллизия) обязателен для разбора экономики, не только для отладки. В контексте «u0136» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Второй сайт начинается с процедуры приёмки среды, а не с копирования conf-файла успешной ячейки. В контексте «u0136» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Mean time to diagnose падает, когда эпизод содержит state, keyframes и config hash; иначе field едет вслепую. В контексте «u0136»

фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Стимулы BD и сервиса должны стыковаться на одном stage-gate: иначе рост парка обгоняет способность чинить. В контексте «u0136» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Offline на hot path — не идеология, а условие контракта с OT; облако остаётся для обучения и аналитики флота. В контексте «u0136» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Редкий хвост SKU не обещают в пилоте; его выносят в out-of-scope или в отдельный платный этап сбора данных. В контексте «u0136» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Safety-канал не «улучшают» моделью: его тестируют отдельно, а ML живут в контуре с правом abort. В контексте «u0136» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Еженедельно на одну страницу: abort top-3, age сенсоров, teleop share, stockout, время до первого лога. В контексте «u0136» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Alternate поставщик сенсора проходит тот же пайплайн калибровки; иначе это не alternate, а новый продукт. В контексте «u0136» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. OTA без дежурства и без окна — лотерея; сервисный календарь и релизный календарь пересекаются явно. В контексте «u0136» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Кастом сайта живут параметрами, не форком

политики; у форка есть срок жизни и план слияния. В контексте «u0136» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Приёмка по demo-SKU, которых нет в ночной смене, создаёт ложную готовность линии. В контексте «u0136» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Data rights по умолчанию у заказчика; вендор получает обезличенные фичи только в объёме поддержки и с аудитом. В контексте «u0136» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. На смене важнее короткий runbook, чем толстый учебник: три шага, два запрета, один канал эскалации. В контексте «u0136» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Версия карты ограничений входит в предикаты canary; несовпадение версий блокирует выкат без исключений «на этот раз». В контексте «u0136» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Журнал teleop с причиной (сенсор, планировщик, SKU, сеть, коллизия) обязателен для разбора экономики, не только для отладки. В контексте «u0136» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Второй сайт начинается с процедуры приёмки среды, а не с копирования conf-файла успешной ячейки. В контексте «u0136» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Mean time to diagnose падает, когда эпизод содержит state, keyframes и config hash; иначе field едет вслепую. В контексте «u0136» фиксируйте наблюдае-

мый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Стимулы BD и сервиса должны стыковаться на одном stage-gate: иначе рост парка обгоняет способность чинить. В контексте «u0136» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации. Offline на hot path — не идеология, а условие контракта с ОТ; облако остаётся для обучения и аналитики флота. В контексте «u0136» фиксируйте наблюдаемый эффект в метриках сайта, а не в презентации.

5. Ответственность за вред

Когда мобильный манипулятор задевает стеллаж или портит партию, вопрос «чья вина» встаёт раньше, чем вопрос «какая модель». В Physical AI вред бывает телесный, имущественный, операционный (простой линии) и репутационный. Юридическая схема, скопированная с обычного промышленного робота без ML-контура, не покрывает случаи, где формально исправное железо выполнило ошибочную политику захвата.

Три режима управления — три режима ответственности

Разделите в договоре и в архитектуре:

1. Автономия внутри заявленной карты ограничений и SKU-матрицы.

2. Supervised / teleop, где человек подтверждает или ведёт действие.

3. Нарушение среды или scope: изменили освещение, стеллаж, упаковку, пустили новый SKU без change control.

В режиме 1 претензии к вендору/интегратору по качеству политики и safety-архитектуре. В режиме 2 — к процессу допуска оператора и к UI/латентности канала. В режиме 3 — к заказчику, если change control был прописан и нарушен. Без этого разделения любой инцидент превращается в общий спор.

Safety-канал vs ML-канал

Certified стоп, зоны, ограничение усилия — не «фича модели». Если вред произошёл при исправном safety-канале из-за плохого плана, это один разбор. Если safety-канал был обойдён, замутен или не протестирован после ремонта — другой, гораздо тяжёлый. Архитектурная схема «что в SIL/PL, что в best-effort» должна быть приложением к контракту, не слайдом.

Teleop и скрытая ответственность

Скрытый teleop, который спасает KPI, переносит фактическую ответственность на человека, но в отчётности выглядит как автономия. При вреде это худший вариант: метрики врали, обучение не шло, оператор не был формально в контуре. Журнал вмешательств с причиной — не бюрократия, а условие честной ответственности.

Страхование

Страховщик спросит: классы операций, наличие near-miss учёта, полноту логов, долю teleop, процедуру OTA, обучение смены. Если ответов нет, премия растёт или покрытие дырявое. Не обещайте страховке «непрерывное обучение в проде» без границ: для андеррайтера это звучит как неуправляемый риск.

Интегратор, вендор, заказчик

RACI на вред: кто владелец setpoint, кто владелец карты ограничений, кто дежурит remote, кто имеет право разрешить continue после safety event. Одна «точка эскалации»

для заказчика в альянсе — обязательно; иначе три подрядчика кивают друг на друга, пока линия стоит.

Доказательная база

После инцидента нужны время синхронизации сенсоров, хеш конфига, версия политики, команды, видео/keyframes, состояние safety. Срок хранения согласуйте заранее. Удаление «лишнего» ради места на диске может стать отдельным претензионным риском.

Практика для PM

Не начинайте пилот без: раздела ответственности по трём режимам; запрета mute safety; журнала teleop; протокола near miss; имени владельца разбора. Это дешевле любого спора после первого удара по оснастке.

Граница ответственности в пилоте «5. Ответственность за вред»

Фиксируйте наблюдаемое поведение по «5. Ответственность за вред» в терминах сайта (смена, SKU, конфиг), пункт доработки 1.

Журнал, без которого споры бессмысленны

Фиксируйте наблюдаемое поведение по «5. Ответственность за вред» в терминах сайта (смена, SKU, конфиг), пункт доработки 2.

Что сказать смене без юридического тумана

Фиксируйте наблюдаемое поведение по «5. Ответственность за вред» в терминах сайта (смена, SKU, конфиг), пункт доработки 3.

Связь с OT и safety-каналом

Фиксируйте наблюдаемое поведение по «5. Ответственность за вред» в терминах сайта (смена, SKU, конфиг), пункт доработки 4.

Метрики, которые не маскируют риск

Success rate без near miss и без teleop share врёт. Для тем вокруг «5. Ответственность за вред» на дашборд спонсора добавляйте: число инцидентов с разбором, срок закрытия действий, долю эпизодов с полной комплектацией, факты отказа в доступе к данным по запросу. Green KPI при дырявых логах — красный флаг для комплаенса.

Фиксируйте наблюдаемое поведение по «5. Ответственность за вред» в терминах сайта (смена, SKU, конфиг), пункт доработки 5.

Второй сайт и перенос обязательств

Фиксируйте наблюдаемое поведение по «5. Ответственность за вред» в терминах сайта (смена, SKU, конфиг), пункт доработки 6.

Чеклист перед canary

Фиксируйте наблюдаемое поведение по «5. Ответственность за вред» в терминах сайта (смена, SKU, конфиг), пункт доработки 8.

Практика недели

Фиксируйте наблюдаемое поведение по «5. Ответственность за вред» в терминах сайта (смена, SKU, конфиг), пункт доработки 9.

Закупка и дисквалификаторы

В тендер по теме «5. Ответственность за вред» внесите дисквалификаторы: нет архитектуры safety, нет offline, нет data rights, нет rollback, нет журнала вмешательств, нет референса на сопоставимый режим. Цена ниже рынка при отсутствии этих пунктов обычно означает перенос риска на вас молча.

Фиксируйте наблюдаемое поведение по «5. Ответственность за вред» в терминах сайта (смена, SKU, конфиг), пункт доработки 10.

Граница ответственности в пилоте «5. Ответственность за вред»

Фиксируйте наблюдаемое поведение по «5. Ответственность за вред» в терминах сайта (смена, SKU, конфиг), пункт доработки 11.

Журнал, без которого споры бессмысленны

Фиксируйте наблюдаемое поведение по «5. Ответственность за вред» в терминах сайта (смена, SKU, конфиг), пункт доработки 12.

Что сказать смене без юридического тумана

Фиксируйте наблюдаемое поведение по «5. Ответственность за вред» в терминах сайта (смена, SKU, конфиг), пункт доработки 13.

Связь с ОТ и safety-каналом

Фиксируйте наблюдаемое поведение по «5. Ответственность за вред» в терминах сайта (смена, SKU, конфиг), пункт

доработки 14.

Метрики, которые не маскируют риск

Success rate без near miss и без teleop share врёт. Для тем вокруг «5. Ответственность за вред» на дашборд спонсора добавляйте: число инцидентов с разбором, срок закрытия действий, долю эпизодов с полной комплектацией, факты отказа в доступе к данным по запросу. Green KPI при дырявых логах — красный флаг для комплаенса.

Фиксируйте наблюдаемое поведение по «5. Ответственность за вред» в терминах сайта (смена, SKU, конфиг), пункт доработки 15.

Второй сайт и перенос обязательств

Фиксируйте наблюдаемое поведение по «5. Ответственность за вред» в терминах сайта (смена, SKU, конфиг), пункт доработки 16.

Чеклист перед canary

Фиксируйте наблюдаемое поведение по «5. Ответственность за вред» в терминах сайта (смена, SKU, конфиг), пункт доработки 18.

Практика недели

Фиксируйте наблюдаемое поведение по «5. Ответственность за вред» в терминах сайта (смена, SKU, конфиг), пункт доработки 19.

Закупка и дисквалификаторы

В тендер по теме «5. Ответственность за вред» внесите дисквалификаторы: нет архитектуры safety, нет offline, нет

data rights, нет rollback, нет журнала вмешательств, нет референса на сопоставимый режим. Цена ниже рынка при отсутствии этих пунктов обычно означает перенос риска на вас молча.

Фиксируйте наблюдаемое поведение по «5. Ответственность за вред» в терминах сайта (смена, SKU, конфиг), пункт доработки 20.

Граница ответственности в пилоте «5. Ответственность за вред»

Фиксируйте наблюдаемое поведение по «5. Ответственность за вред» в терминах сайта (смена, SKU, конфиг), пункт доработки 21.

Журнал, без которого споры бессмысленны

Фиксируйте наблюдаемое поведение по «5. Ответственность за вред» в терминах сайта (смена, SKU, конфиг), пункт доработки 22.

Что сказать смене без юридического тумана

Фиксируйте наблюдаемое поведение по «5. Ответственность за вред» в терминах сайта (смена, SKU, конфиг), пункт доработки 23.

Связь с OT и safety-каналом

Фиксируйте наблюдаемое поведение по «5. Ответственность за вред» в терминах сайта (смена, SKU, конфиг), пункт доработки 24.

Метрики, которые не маскируют риск

Success rate без near miss и без teleop share врёт. Для тем

вокруг «5. Ответственность за вред» на дашборд спонсора добавляйте: число инцидентов с разбором, срок закрытия действий, долю эпизодов с полной комплектацией, факты отказа в доступе к данным по запросу. Green KPI при дырявых логах — красный флаг для комплаенса.

Фиксируйте наблюдаемое поведение по «5. Ответственность за вред» в терминах сайта (смена, SKU, конфиг), пункт доработки 25.

Второй сайт и перенос обязательств

Фиксируйте наблюдаемое поведение по «5. Ответственность за вред» в терминах сайта (смена, SKU, конфиг), пункт доработки 26.

Чеклист перед canary

Фиксируйте наблюдаемое поведение по «5. Ответственность за вред» в терминах сайта (смена, SKU, конфиг), пункт доработки 28.

Практика недели

Фиксируйте наблюдаемое поведение по «5. Ответственность за вред» в терминах сайта (смена, SKU, конфиг), пункт доработки 29.

Закупка и дисквалификаторы

В тендер по теме «5. Ответственность за вред» внесите дисквалификаторы: нет архитектуры safety, нет offline, нет data rights, нет rollback, нет журнала вмешательств, нет референса на сопоставимый режим. Цена ниже рынка при отсутствии этих пунктов обычно означает перенос риска на вас

молча.

Фиксируйте наблюдаемое поведение по «5. Ответственность за вред» в терминах сайта (смена, SKU, конфиг), пункт доработки 30.

Сценарии вреда по классам

Имущественный вред оснастке и товару: царапина на корпусе дорогой электроники, смятая упаковка, падение лотка. Здесь критичны скорость, усилие, проверка наличия объекта в грейпере до подъёма. В разборе смотрят не только «модель ошиблась», но и был ли включён watchdog потери трека, сработал ли abort по силе, не был ли порог завышен ради throughput.

Вред людям: контакт в общем проходе, защемление, падение груза рядом с человеком. Здесь первичны независимый safety-канал, детектор присутствия, ограничение зоны и скорости, запрет continue без кода. Объяснения ML вторичны. Если человек пострадал при замутенном стопе — это уже не спор про нейросеть, а про культуру и процесс.

Операционный вред: час простоя линии из-за ложных abort или из-за реального столкновения. Страховка и контракт часто хуже покрывают простой, чем «железную» поломку. Поэтому в SLA и в ответственности заранее пишут, как считается час простоя и чей это класс причины.

Репутационный вред: ролик инцидента, утечка клипа со сменой, публичный спор вендора и завода. Юридически может быть слабее имущественного иска, но для GTM убий-

ственно. Playbook коммуникации после инцидента — часть системы ответственности, не «пресс-служба потом».

Индемнити и пределы

В договоре ограничение ответственности и carve-out на телесный вред, грубую неосторожность, нарушение data rights. Вендоры тянут low cap; заказчики — unlimited на safety. Компромисс часто: высокий cap на телесный вред и willful misconduct, ниже — на имущественный в рамках scope, отдельно — простой. Без юриста вертикали не копируйте чужой шаблон один-в-один.

Роль интегратора

Интегратор, который «чуть перепаял» safety или изменил крепление камеры, входит в цепочку. Если у него нет права менять certified контур — это должно быть написано и проверяемо. Полевые «улучшения» без change ticket — типичный источник размытой вины.

После инцидента: первые 24 часа

Заморозить конфиг и логи. Не делать OTA «чтобы починить тихо». Собрать пакет эпизода. Уведомить по RACI. Оценить, нужен ли stop парка того же software train. Назначить владельца постмортема с сроком. Отдельно — нужно ли уведомление регулятору/страховщику по договору. Любая попытка подчистить логи в эти сутки потом выглядит как сокрытие.

Связь с unit economics

Частые мелкие повреждения tool и упаковки съедают мар-

жу незаметнее одного громкого суда. Вводите cost of damage per week на сайт. Если растёт вместе с success — вы купили агрессивную политику ценой оснастки. Ответственность начинается с цифры на дашборде смены, не только с претензионного письма.

На дашборде спонсора рядом с success держите near miss, teleop share и долю полных эпизодов — иначе ответственность и privacy остаются словами. Контрольный пункт 1 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Change control среды обязателен: сдвиг стеллажа, новое освещение, новый SKU пересматривают карту ограничений и временно замораживают KPI автономии. Контрольный пункт 2 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Remote triage без пакета логов увеличивает и юридический, и сервисный риск: field приезжает поздно и без фактов. Контрольный пункт 3 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Canary на двух ячейках с разными сменами ловит больше процессных дыр, чем canary на одной «удобной» линии. Контрольный пункт 4 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Out-of-scope список должен висеть на ячейке в коротком виде; споры про ответственность часто рождаются из серого хвоста SKU. Контрольный пункт 5 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. OTA в регулируемом контуре проходит оценку влияния: что меняется в поведении, какой rollback, кто дежурит. Контроль-

ный пункт 6 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Обучение смены обновляют тем же релизом, что и политику отказа; иначе люди действуют по старой памяти. Контрольный пункт 7 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Аудит доступов к raw video делают ежеквартально; уволенные интеграторы не должны жить в VPN вечно. Контрольный пункт 8 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Страховой андеррайтинг упрощается, если есть near-miss журнал и архитектурный разрез safety/ML. Контрольный пункт 9 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Запрет mute safety-мониторов пишут и в runbook, и в договор; нарушения — отдельный класс инцидента. Контрольный пункт 10 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Для биометрии нужна отдельная таблица сигналов; отсутствие строки означает запрет сигнала в проде. Контрольный пункт 11 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Secondary use данных для обучения вендора не выводят из «уведомления о работе линии» без явного слоя согласия/договора. Контрольный пункт 12 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Сегментные метрики по SKU и сменам выявляют скрытую несправедливость средних KPI. Контрольный пункт 13 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. RACI на топкоды отказа прилагают к альянс-договору, чтобы вред не то-

нул в перекидывании вины. Контрольный пункт 14 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Premature scaling ломает комплаенс так же, как метрики: второй сайт требует заново прозрачность, обучение и map ограничений. Контрольный пункт 15 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. На дашборде спонсора рядом с success держите near miss, teleop share и долю полных эпизодов — иначе ответственность и privacy остаются словами. Контрольный пункт 16 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Change control среды обязателен: сдвиг стеллажа, новое освещение, новый SKU пересматривают карту ограничений и временно замораживают KPI автономии. Контрольный пункт 17 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Remote triage без пакета логов увеличивает и юридический, и сервисный риск: field приезжает поздно и без фактов. Контрольный пункт 18 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Canary на двух ячейках с разными сменами ловит больше процессных дыр, чем canary на одной «удобной» линии. Контрольный пункт 19 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Out-of-scope список должен висеть на ячейке в коротком виде; споры про ответственность часто рождаются из серого хвоста SKU. Контрольный пункт 20 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. OTA в регулируемом контуре проходит оценку влияния: что меняет-

ся в поведении, какой rollback, кто дежурит. Контрольный пункт 21 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Обучение смены обновляют тем же релизом, что и политику отказа; иначе люди действуют по старой памяти. Контрольный пункт 22 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Аудит доступов к raw video делают ежеквартально; уволенные интеграторы не должны жить в VPN вечно. Контрольный пункт 23 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Страховой андеррайтинг упрощается, если есть near-miss журнал и архитектурный разрез safety/ML. Контрольный пункт 24 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Запрет mute safety-мониторов пишут и в runbook, и в договор; нарушения — отдельный класс инцидента. Контрольный пункт 25 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Для биометрии нужна отдельная таблица сигналов; отсутствие строки означает запрет сигнала в проде. Контрольный пункт 26 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Secondary use данных для обучения вендора не выводят из «уведомления о работе линии» без явного слоя согласия/договора. Контрольный пункт 27 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Сегментные метрики по SKU и сменам выявляют скрытую несправедливость средних KPI. Контрольный пункт 28 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. RACI на топ-

коды отказа прилагают к альянс-договору, чтобы вред не тонул в перекидывании вины. Контрольный пункт 29 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Premature scaling ломает комплаенс так же, как метрики: второй сайт требует заново прозрачность, обучение и map ограничений. Контрольный пункт 30 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. На дашборде спонсора рядом с success держите near miss, teleop share и долю полных эпизодов — иначе ответственность и privacy остаются словами. Контрольный пункт 31 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Change control среды обязателен: сдвиг стеллажа, новое освещение, новый SKU пересматривают карту ограничений и временно замораживают KPI автономии. Контрольный пункт 32 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Remote triage без пакета логов увеличивает и юридический, и сервисный риск: field приезжает поздно и без фактов. Контрольный пункт 33 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Canary на двух ячейках с разными сменами ловит больше процессных дыр, чем canary на одной «удобной» линии. Контрольный пункт 34 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Out-of-scope список должен висеть на ячейке в коротком виде; споры про ответственность часто рождаются из серого хвоста SKU. Контрольный пункт 35 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. OTA в ре-

гулируемом контуре проходит оценку влияния: что меняется в поведении, какой rollback, кто дежурит. Контрольный пункт 36 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Обучение смены обновляют тем же релизом, что и политику отказа; иначе люди действуют по старой памяти. Контрольный пункт 37 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Аудит доступов к raw video делают ежеквартально; уволенные интеграторы не должны жить в VPN вечно. Контрольный пункт 38 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Страховой андеррайтинг упрощается, если есть near-miss журнал и архитектурный разрез safety/ML. Контрольный пункт 39 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Запрет mute safety-мониторов пишут и в runbook, и в договор; нарушения — отдельный класс инцидента. Контрольный пункт 40 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Для биометрии нужна отдельная таблица сигналов; отсутствие строки означает запрет сигнала в проде. Контрольный пункт 41 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Secondary use данных для обучения вендора не выводят из «уведомления о работе линии» без явного слоя согласия/договора. Контрольный пункт 42 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Сегментные метрики по SKU и сменам выявляют скрытую несправедливость средних KPI. Контрольный пункт 43 по теме главы: прове-

ряйте на конкретной ячейке, не в абстракции. RACI на топ-коды отказа прилагают к альянс-договору, чтобы вред не тонул в перекидывании вины. Контрольный пункт 44 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Premature scaling ломает комплаенс так же, как метрики: второй сайт требует заново прозрачность, обучение и map ограничений. Контрольный пункт 45 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. На дашборде спонсора рядом с success держите near miss, teleop share и долю полных эпизодов — иначе ответственность и privacy остаются словами. Контрольный пункт 46 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Change control среды обязателен: сдвиг стеллажа, новое освещение, новый SKU пересматривают карту ограничений и временно замораживают KPI автономии. Контрольный пункт 47 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Remote triage без пакета логов увеличивает и юридический, и сервисный риск: field приезжает поздно и без фактов. Контрольный пункт 48 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Canary на двух ячейках с разными сменами ловит больше процессных дыр, чем canary на одной «удобной» линии. Контрольный пункт 49 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Out-of-scope список должен висеть на ячейке в коротком виде; споры про ответственность часто рождаются из серого хвоста SKU. Контрольный пункт 50 по теме главы: проверяйте на

конкретной ячейке, не в абстракции. OTA в регулируемом контуре проходит оценку влияния: что меняется в поведении, какой rollback, кто дежурит. Контрольный пункт 51 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Обучение смены обновляют тем же релизом, что и политику отказа; иначе люди действуют по старой памяти. Контрольный пункт 52 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Аудит доступов к raw video делают ежеквартально; уволенные интеграторы не должны жить в VPN вечно. Контрольный пункт 53 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Страховой андеррайтинг упрощается, если есть near-miss журнал и архитектурный разрез safety/ML. Контрольный пункт 54 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Запрет mute safety-мониторов пишут и в runbook, и в договор; нарушения — отдельный класс инцидента. Контрольный пункт 55 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Для биометрии нужна отдельная таблица сигналов; отсутствие строки означает запрет сигнала в проде. Контрольный пункт 56 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции.

6. Регулирование автономных систем

Регулирование Physical AI складывается из кусков: машинная безопасность, радио/EMI, труд, персональные данные, отраслевые нормы (медицина, транспорт, опасные производства). Единого «закона про роботов» ждать не нужно, чтобы строить продукт: нужно уметь собрать применимую карту требований под вертикаль и сайт.

С чего начать карту

Зафиксируйте: где работает система (цех, склад, клиника, улица), есть ли контакт с людьми не из смены, есть ли запись лиц/голоса, есть ли перемещение в публичной зоне, какой уровень автономии заявлен, есть ли teleop через границу. От ответов зависят не «этика вообще», а конкретные чеклисты допуска.

Safety standards как пол, не как потолок

Нормы на машины и системы управления задают пол: ограждения, стопы, оценка риска. ML сверху не отменяет пол. Если маркетинг говорит «безопасен благодаря ИИ», а в архитектуре нет независимого канала останова, регуляторный и страховой разговор закончится быстро. Документируйте residual risk честно.

Автономия и классификация риска

Чем выше скорость, масса, близость к людям и ниже предсказуемость среды, тем жёстче ожидания к доказыванию. Для пилота в огороженной ячейке набор проще, чем для мобильной базы в общем проходе. Не тащите регуляторную тяжесть улицы в ячейку — и наоборот, не притворяйтесь ячейкой, если робот уже в общем пространстве.

OTA и регуляторное изменение

Обновление политики может считаться изменением поведения машины. Процесс: оценка влияния, canary, откат, запись версий. «Выкатили веса ночью» без следа — риск и для safety case, и для расследования. В регулируемых вертикалях заранее спросите, какие изменения требуют повторной оценки.

Документы, которые живут рядом с кодом

Описание intended use, out-of-scope, карта ограничений сайта, протокол FAT/SAT, журнал near miss, обучение операторов, архитектурный разрез safety/ML. Если этого нет в репозитории процессов, комплаенс будет собирать PDF после инцидента — поздно и дорого.

Международные поставки

Тот же корпус в другой юрисдикции может упереться в радиомодули, правила записи видео, требования к локализации данных, нормы труда. GTM без регуляторной колонки в таблице рынков — дыра в плане.

Практика

На каждый beachhead — одностраничная regulatory map:

применимые режимы, владелец, что блокирует пилот, что блокирует серию. Обновлять при смене scope. Не путать «наш юрист молчит» с «требований нет».

Граница ответственности в пилоте «6. Регулирование автономных систем»

Фиксируйте наблюдаемое поведение по «6. Регулирование автономных систем» в терминах сайта (смена, SKU, конфиг), пункт доработки 1.

Журнал, без которого споры бессмысленны

Фиксируйте наблюдаемое поведение по «6. Регулирование автономных систем» в терминах сайта (смена, SKU, конфиг), пункт доработки 2.

Что сказать смене без юридического тумана

Фиксируйте наблюдаемое поведение по «6. Регулирование автономных систем» в терминах сайта (смена, SKU, конфиг), пункт доработки 3.

Связь с OT и safety-каналом

Фиксируйте наблюдаемое поведение по «6. Регулирование автономных систем» в терминах сайта (смена, SKU, конфиг), пункт доработки 4.

Метрики, которые не маскируют риск

Success rate без near miss и без teleop share врёт. Для тем вокруг «6. Регулирование автономных систем» на дашборд спонсора добавляйте: число инцидентов с разбором, срок закрытия действий, долю эпизодов с полной комплектацией, факты отказа в доступе к данным по запросу. Green KPI при

дырявых логах — красный флаг для комплаенса.

Фиксируйте наблюдаемое поведение по «6. Регулирование автономных систем» в терминах сайта (смена, SKU, конфиг), пункт доработки 5.

Второй сайт и перенос обязательств

Фиксируйте наблюдаемое поведение по «6. Регулирование автономных систем» в терминах сайта (смена, SKU, конфиг), пункт доработки 6.

Чеклист перед canary

Фиксируйте наблюдаемое поведение по «6. Регулирование автономных систем» в терминах сайта (смена, SKU, конфиг), пункт доработки 8.

Практика недели

Фиксируйте наблюдаемое поведение по «6. Регулирование автономных систем» в терминах сайта (смена, SKU, конфиг), пункт доработки 9.

Закупка и дисквалификаторы

В тендер по теме «6. Регулирование автономных систем» внесите дисквалификаторы: нет архитектуры safety, нет offline, нет data rights, нет rollback, нет журнала вмешательств, нет референса на сопоставимый режим. Цена ниже рынка при отсутствии этих пунктов обычно означает перенос риска на вас молча.

Фиксируйте наблюдаемое поведение по «6. Регулирование автономных систем» в терминах сайта (смена, SKU, конфиг), пункт доработки 10.

Граница ответственности в пилоте «6. Регулирование автономных систем»

Фиксируйте наблюдаемое поведение по «6. Регулирование автономных систем» в терминах сайта (смена, SKU, конфиг), пункт доработки 11.

Журнал, без которого споры бессмысленны

Фиксируйте наблюдаемое поведение по «6. Регулирование автономных систем» в терминах сайта (смена, SKU, конфиг), пункт доработки 12.

Что сказать смене без юридического тумана

Фиксируйте наблюдаемое поведение по «6. Регулирование автономных систем» в терминах сайта (смена, SKU, конфиг), пункт доработки 13.

Связь с OT и safety-каналом

Фиксируйте наблюдаемое поведение по «6. Регулирование автономных систем» в терминах сайта (смена, SKU, конфиг), пункт доработки 14.

Метрики, которые не маскируют риск

Success rate без near miss и без teleop share врёт. Для тем вокруг «6. Регулирование автономных систем» на дашборд спонсора добавляйте: число инцидентов с разбором, срок закрытия действий, долю эпизодов с полной комплектацией, факты отказа в доступе к данным по запросу. Green KPI при дырявых логах — красный флаг для комплаенса.

Фиксируйте наблюдаемое поведение по «6. Регулирование автономных систем» в терминах сайта (смена, SKU, кон-

фиг), пункт доработки 15.

Второй сайт и перенос обязательств

Фиксируйте наблюдаемое поведение по «6. Регулирование автономных систем» в терминах сайта (смена, SKU, конфиг), пункт доработки 16.

Чеклист перед canary

Фиксируйте наблюдаемое поведение по «6. Регулирование автономных систем» в терминах сайта (смена, SKU, конфиг), пункт доработки 18.

Практика недели

Фиксируйте наблюдаемое поведение по «6. Регулирование автономных систем» в терминах сайта (смена, SKU, конфиг), пункт доработки 19.

Закупка и дисквалификаторы

В тендер по теме «6. Регулирование автономных систем» внесите дисквалификаторы: нет архитектуры safety, нет offline, нет data rights, нет rollback, нет журнала вмешательств, нет референса на сопоставимый режим. Цена ниже рынка при отсутствии этих пунктов обычно означает перенос риска на вас молча.

Фиксируйте наблюдаемое поведение по «6. Регулирование автономных систем» в терминах сайта (смена, SKU, конфиг), пункт доработки 20.

Граница ответственности в пилоте «6. Регулирование автономных систем»

Фиксируйте наблюдаемое поведение по «6. Регулирова-

ние автономных систем» в терминах сайта (смена, SKU, конфиг), пункт доработки 21.

Журнал, без которого споры бессмысленны

Фиксируйте наблюдаемое поведение по «6. Регулирование автономных систем» в терминах сайта (смена, SKU, конфиг), пункт доработки 22.

Что сказать смене без юридического тумана

Фиксируйте наблюдаемое поведение по «6. Регулирование автономных систем» в терминах сайта (смена, SKU, конфиг), пункт доработки 23.

Связь с OT и safety-каналом

Фиксируйте наблюдаемое поведение по «6. Регулирование автономных систем» в терминах сайта (смена, SKU, конфиг), пункт доработки 24.

Метрики, которые не маскируют риск

Success rate без near miss и без teleop share врёт. Для тем вокруг «6. Регулирование автономных систем» на дашборд спонсора добавляйте: число инцидентов с разбором, срок закрытия действий, долю эпизодов с полной комплектацией, факты отказа в доступе к данным по запросу. Green KPI при дырявых логах — красный флаг для комплаенса.

Фиксируйте наблюдаемое поведение по «6. Регулирование автономных систем» в терминах сайта (смена, SKU, конфиг), пункт доработки 25.

Второй сайт и перенос обязательств

Фиксируйте наблюдаемое поведение по «6. Регулирова-

ние автономных систем» в терминах сайта (смена, SKU, конфиг), пункт доработки 26.

Чеклист перед canary

Фиксируйте наблюдаемое поведение по «6. Регулирование автономных систем» в терминах сайта (смена, SKU, конфиг), пункт доработки 28.

Практика недели

Фиксируйте наблюдаемое поведение по «6. Регулирование автономных систем» в терминах сайта (смена, SKU, конфиг), пункт доработки 29.

Закупка и дисквалификаторы

В тендер по теме «6. Регулирование автономных систем» внесите дисквалификаторы: нет архитектуры safety, нет offline, нет data rights, нет rollback, нет журнала вмешательств, нет референса на сопоставимый режим. Цена ниже рынка при отсутствии этих пунктов обычно означает перенос риска на вас молча.

Фиксируйте наблюдаемое поведение по «6. Регулирование автономных систем» в терминах сайта (смена, SKU, конфиг), пункт доработки 30.

Сборка regulatory map на практике

Возьмите таблицу: требование → источник → применимо ли к нашему intended use → артефакт доказательства → владелец → статус. Строки: машинная безопасность, оценка риска, EMC/radio, труд и обучение, персональные данные, отраслевые (если есть), экспорт/крипто если cloud, правила

для OTA. Пустые ячейки «владелец» — блокер пилота сильнее любой модели.

Не пытайтесь закрыть «все законы мира». Закройте то, что нужно для конкретного сайта и режима автономии. Расширение scope = пересмотр map. Это и есть управление регуляторным риском, а не надежда на будущего отраслевого робота-ГОСТа.

Intended use и advertising claims

Заявленный use в инструкции и на сайте должен совпадать с тем, что продаёт BD. Если в документе «огороженная ячейка», а sales обещает «робот в общем зале», вы создаёте регуляторный и tort риск одновременно. Claims про безопасность через AI без оговорок — отдельная зона внимания.

Аудит и инспекция

Будьте готовы показать: версии ПО на машине, процедуру canary, обучение, near miss log, изменения после инцидентов. Если единственное доказательство — слайд accuracy, аудитору нечего проверять. Инженерия прозрачности (логи, CMDB) — часть compliance.

Границы пилота как регуляторный приём

Пилот с узким SKU, ограждением и supervised режимом проще обосновать. Серия с расширением зоны — новый анализ. Не называйте серию «продолжением пилота» в документах, если изменились существенные условия. Честная смена статуса спасает от обвинения в обходе оценки.

Международный GTM

Перед входом в страну: локальный counsel на полдня дороже, чем сюрприз на таможне или запрет записи. Радиомодули, шифрование, локализация данных, требования к языку UI и документации — чеклист pre-sales, не post-sale.

Команда

Владелец regulatory map не обязан быть юристом full-time, но обязан иметь канал к counsel и право стопить canary. Если владелец — «кто-то из ML», map умрёт под сроками релиза.

На дашборде спонсора рядом с success держите near miss, teleop share и долю полных эпизодов — иначе ответственность и privacy остаются словами. Контрольный пункт 1 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Change control среды обязателен: сдвиг стеллажа, новое освещение, новый SKU пересматривают карту ограничений и временно замораживают KPI автономии. Контрольный пункт 2 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Remote triage без пакета логов увеличивает и юридический, и сервисный риск: field приезжает поздно и без фактов. Контрольный пункт 3 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Canary на двух ячейках с разными сменами ловит больше процессных дыр, чем canary на одной «удобной» линии. Контрольный пункт 4 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Out-of-scope список должен висеть на ячейке в коротком виде; споры про ответственность часто рождаются из серого хвоста SKU. Контрольный пункт 5 по теме гла-

вы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. ОТА в регулируемом контуре проходит оценку влияния: что меняется в поведении, какой rollback, кто дежурит. Контрольный пункт 6 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Обучение смены обновляют тем же релизом, что и политику отказа; иначе люди действуют по старой памяти. Контрольный пункт 7 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Аудит доступов к raw video делают ежеквартально; уволенные интеграторы не должны жить в VPN вечно. Контрольный пункт 8 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Страховой андеррайтинг упрощается, если есть near-miss журнал и архитектурный разрез safety/ML. Контрольный пункт 9 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Запрет mute safety-мониторов пишут и в runbook, и в договор; нарушения — отдельный класс инцидента. Контрольный пункт 10 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Для биометрии нужна отдельная таблица сигналов; отсутствие строки означает запрет сигнала в проде. Контрольный пункт 11 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Secondary use данных для обучения вендора не выводят из «уведомления о работе линии» без явного слоя согласия/договора. Контрольный пункт 12 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Сегментные метрики по SKU и сменам выявляют скрытую несправедливость

средних KPI. Контрольный пункт 13 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. RACI на топкоды отказа прилагают к альянс-договору, чтобы вред не тонул в перекидывании вины. Контрольный пункт 14 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Premature scaling ломает комплаенс так же, как метрики: второй сайт требует заново прозрачность, обучение и map ограничений. Контрольный пункт 15 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. На дашборде спонсора рядом с success держите near miss, teleop share и долю полных эпизодов — иначе ответственность и privacy остаются словами. Контрольный пункт 16 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Change control среды обязателен: сдвиг стеллажа, новое освещение, новый SKU пересматривают карту ограничений и временно замораживают KPI автономии. Контрольный пункт 17 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Remote triage без пакета логов увеличивает и юридический, и сервисный риск: field приезжает поздно и без фактов. Контрольный пункт 18 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Canary на двух ячейках с разными сменами ловит больше процессных дыр, чем canary на одной «удобной» линии. Контрольный пункт 19 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Out-of-scope список должен висеть на ячейке в коротком виде; споры про ответственность часто рождаются из се-

рого хвоста SKU. Контрольный пункт 20 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. OTA в регулируемом контуре проходит оценку влияния: что меняется в поведении, какой rollback, кто дежурит. Контрольный пункт 21 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Обучение смены обновляют тем же релизом, что и политику отказа; иначе люди действуют по старой памяти. Контрольный пункт 22 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Аудит доступов к raw video делают ежеквартально; уволенные интеграторы не должны жить в VPN вечно. Контрольный пункт 23 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Страховой андеррайтинг упрощается, если есть near-miss журнал и архитектурный разрез safety/ML. Контрольный пункт 24 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Запрет mute safety-мониторов пишут и в runbook, и в договор; нарушения — отдельный класс инцидента. Контрольный пункт 25 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Для биометрии нужна отдельная таблица сигналов; отсутствие строки означает запрет сигнала в проде. Контрольный пункт 26 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Secondary use данных для обучения вендора не выводят из «уведомления о работе линии» без явного слоя согласия/договора. Контрольный пункт 27 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Сегментные метри-

ки по SKU и сменам выявляют скрытую несправедливость средних KPI. Контрольный пункт 28 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. RACI на топ-коды отказа прилагают к альянс-договору, чтобы вред не тонул в перекидывании вины. Контрольный пункт 29 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Premature scaling ломает комплаенс так же, как метрики: второй сайт требует заново прозрачность, обучение и map ограничений. Контрольный пункт 30 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. На дашборде спонсора рядом с success держите near miss, teleop share и долю полных эпизодов — иначе ответственность и privacy остаются словами. Контрольный пункт 31 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Change control среды обязателен: сдвиг стеллажа, новое освещение, новый SKU пересматривают карту ограничений и временно замораживают KPI автономии. Контрольный пункт 32 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Remote triage без пакета логов увеличивает и юридический, и сервисный риск: field приезжает поздно и без фактов. Контрольный пункт 33 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Canary на двух ячейках с разными сменами ловит больше процессных дыр, чем canary на одной «удобной» линии. Контрольный пункт 34 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Out-of-scope список должен висеть на ячейке в корот-

ком виде; споры про ответственность часто рождаются из серого хвоста SKU. Контрольный пункт 35 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. OTA в регулируемом контуре проходит оценку влияния: что меняется в поведении, какой rollback, кто дежурит. Контрольный пункт 36 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Обучение смены обновляют тем же релизом, что и политику отказа; иначе люди действуют по старой памяти. Контрольный пункт 37 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Аудит доступов к raw video делают ежеквартально; уволенные интеграторы не должны жить в VPN вечно. Контрольный пункт 38 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Страховой андеррайтинг упрощается, если есть near-miss журнал и архитектурный разрез safety/ML. Контрольный пункт 39 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Запрет mute safety-мониторов пишут и в runbook, и в договор; нарушения — отдельный класс инцидента. Контрольный пункт 40 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Для биометрии нужна отдельная таблица сигналов; отсутствие строки означает запрет сигнала в проде. Контрольный пункт 41 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Secondary use данных для обучения вендора не выводят из «уведомления о работе линии» без явного слоя согласия/договора. Контрольный пункт 42 по теме главы: проверяйте

на конкретной ячейке, не в абстракции. Сегментные метрики по SKU и сменам выявляют скрытую несправедливость средних KPI. Контрольный пункт 43 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. RACI на топкоды отказа прилагают к альянс-договору, чтобы вред не тонул в перекидывании вины. Контрольный пункт 44 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Premature scaling ломает комплаенс так же, как метрики: второй сайт требует заново прозрачность, обучение и map ограничений. Контрольный пункт 45 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. На дашборде спонсора рядом с success держите near miss, teleop share и долю полных эпизодов — иначе ответственность и privacy остаются словами. Контрольный пункт 46 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Change control среды обязателен: сдвиг стеллажа, новое освещение, новый SKU пересматривают карту ограничений и временно замораживают KPI автономии. Контрольный пункт 47 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Remote triage без пакета логов увеличивает и юридический, и сервисный риск: field приезжает поздно и без фактов. Контрольный пункт 48 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Canary на двух ячейках с разными сменами ловит больше процессных дыр, чем canary на одной «удобной» линии. Контрольный пункт 49 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Out-of-

scope список должен висеть на ячейке в коротком виде; споры про ответственность часто рождаются из серого хвоста SKU. Контрольный пункт 50 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. OTA в регулируемом контуре проходит оценку влияния: что меняется в поведении, какой rollback, кто дежурит. Контрольный пункт 51 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Обучение смены обновляют тем же релизом, что и политику отказа; иначе люди действуют по старой памяти. Контрольный пункт 52 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Аудит доступов к raw video делают ежеквартально; уволенные интеграторы не должны жить в VPN вечно. Контрольный пункт 53 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Страховой андеррайтинг упрощается, если есть near-miss журнал и архитектурный разрез safety/ML. Контрольный пункт 54 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Запрет mute safety-мониторов пишут и в runbook, и в договор; нарушения — отдельный класс инцидента. Контрольный пункт 55 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Для биометрии нужна отдельная таблица сигналов; отсутствие строки означает запрет сигнала в проде. Контрольный пункт 56 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Secondary use данных для обучения вендора не выводят из «уведомления о работе линии» без явного слоя согласия/договора. Контрольный

пункт 57 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Сегментные метрики по SKU и сменам выявляют скрытую несправедливость средних KPI. Контрольный пункт 58 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. RACI на топ-коды отказа прилагают к альянс-договору, чтобы вред не тонул в перекидывании вины. Контрольный пункт 59 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Premature scaling ломает комплаенс так же, как метрики: второй сайт требует заново прозрачность, обучение и map ограничений. Контрольный пункт 60 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. На дашборде спонсора рядом с success держите near miss, teleop share и долю полных эпизодов — иначе ответственность и privacy остаются словами. Контрольный пункт 61 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции.

7. Данные, privacy и видеонаблюдение

Камера на ячейке — одновременно датчик perception и потенциальное средство наблюдения за людьми. Physical AI без политики данных быстро получает конфликт: OT хочет логи, HR и юристы — границы, вендор — эпизоды для обучения, работник — понятные правила.

Минимизация с самого дизайна

Снимайте то, что нужно задаче. Если для захвата достаточно depth и маски без идентификации лиц — не тащите face crop в облако «на будущее». Retention: короткие raw, длиннее — производные фичи и метаданные инцидентов. Чем меньше raw video лежит без нужды, тем проще отвечать на запросы и тем меньше поверхность утечки.

Зоны и уведомления

Разметьте зоны записи. Таблички и онбординг смены — не формальность: люди должны знать, что пишется, зачем, кто смотрит, сколько хранится. Скрытая запись «для отладки AI» разрушает доверие быстрее, чем любой abort.

Доступ и роли

Разделите: оператор смены видит live для работы; remote triage — инцидентные клипы по тикету; ML-команда — обезличенные/согласованные выборки; BD — ничего raw.

Аудит выгрузок обязателен. Общий folder «всем вендорам» — анти-паттерн.

Облако и граница сайта

Hot path и запись инцидента могут жить on-prem. Обучение — в контуре с DPA и вычисткой. Не смешивайте: «нам удобнее всё в cloud» не аргумент для OT, если политика сайта запрещает вынос. В контракте — где ключи, где логи, право аудита.

Инциденты privacy

Утечка клипа со сменой, ошибочная публикация кейса с лицами, доступ уволенного интегратора. Playbook: отзыв доступов, оценка масштаба, уведомления по процедуре, запись в постмортем. Privacy incident — такой же инцидент, как столкновение, только другой канал эскалации.

Данные как актив сделки

Заказчик по умолчанию владеет эпизодами своей линии. Вендор получает лицензию на использование в объёме поддержки и улучшения в рамках договора, часто — только обезличенно. Редкий SKU-хвост и лица людей — не «бесплатный вклад в foundation».

Практика для инженера

В дизайн эпизода заложите: redaction pipeline, срок хранения, запрет train на сырых лицах без основания, тег purpose на датасете. Если purpose «debug» — не уезжает в train silently.

Граница ответственности в пилоте «7. Данные,

privacy и видеонаблюдение»

Фиксируйте наблюдаемое поведение по «7. Данные, privacy и видеонаблюдение» в терминах сайта (смена, SKU, конфиг), пункт доработки 1.

Журнал, без которого споры бессмысленны

Фиксируйте наблюдаемое поведение по «7. Данные, privacy и видеонаблюдение» в терминах сайта (смена, SKU, конфиг), пункт доработки 2.

Что сказать смене без юридического тумана

Фиксируйте наблюдаемое поведение по «7. Данные, privacy и видеонаблюдение» в терминах сайта (смена, SKU, конфиг), пункт доработки 3.

Связь с OT и safety-каналом

Фиксируйте наблюдаемое поведение по «7. Данные, privacy и видеонаблюдение» в терминах сайта (смена, SKU, конфиг), пункт доработки 4.

Метрики, которые не маскируют риск

Success rate без near miss и без teleop share врёт. Для тем вокруг «7. Данные, privacy и видеонаблюдение» на дашборд спонсора добавляйте: число инцидентов с разбором, срок закрытия действий, долю эпизодов с полной комплектацией, факты отказа в доступе к данным по запросу. Green KPI при дырявых логах — красный флаг для комплаенса.

Фиксируйте наблюдаемое поведение по «7. Данные, privacy и видеонаблюдение» в терминах сайта (смена, SKU, конфиг), пункт доработки 5.

Второй сайт и перенос обязательств

Фиксируйте наблюдаемое поведение по «7. Данные, privacy и видеонаблюдение» в терминах сайта (смена, SKU, конфиг), пункт доработки 6.

Чеклист перед canary

Фиксируйте наблюдаемое поведение по «7. Данные, privacy и видеонаблюдение» в терминах сайта (смена, SKU, конфиг), пункт доработки 8.

Практика недели

Фиксируйте наблюдаемое поведение по «7. Данные, privacy и видеонаблюдение» в терминах сайта (смена, SKU, конфиг), пункт доработки 9.

Закупка и дисквалификаторы

В тендер по теме «7. Данные, privacy и видеонаблюдение» внесите дисквалификаторы: нет архитектуры safety, нет offline, нет data rights, нет rollback, нет журнала вмешательств, нет референса на сопоставимый режим. Цена ниже рынка при отсутствии этих пунктов обычно означает перенос риска на вас молча.

Фиксируйте наблюдаемое поведение по «7. Данные, privacy и видеонаблюдение» в терминах сайта (смена, SKU, конфиг), пункт доработки 10.

Граница ответственности в пилоте «7. Данные, privacy и видеонаблюдение»

Фиксируйте наблюдаемое поведение по «7. Данные, privacy и видеонаблюдение» в терминах сайта (смена, SKU,

конфиг), пункт доработки 11.

Журнал, без которого споры бессмысленны

Фиксируйте наблюдаемое поведение по «7. Данные, privacy и видеонаблюдение» в терминах сайта (смена, SKU, конфиг), пункт доработки 12.

Что сказать смене без юридического тумана

Фиксируйте наблюдаемое поведение по «7. Данные, privacy и видеонаблюдение» в терминах сайта (смена, SKU, конфиг), пункт доработки 13.

Связь с OT и safety-каналом

Фиксируйте наблюдаемое поведение по «7. Данные, privacy и видеонаблюдение» в терминах сайта (смена, SKU, конфиг), пункт доработки 14.

Метрики, которые не маскируют риск

Success rate без near miss и без teleop share врёт. Для тем вокруг «7. Данные, privacy и видеонаблюдение» на дашборд спонсора добавляйте: число инцидентов с разбором, срок закрытия действий, долю эпизодов с полной комплектацией, факты отказа в доступе к данным по запросу. Green KPI при дырявых логах — красный флаг для комплаенса.

Фиксируйте наблюдаемое поведение по «7. Данные, privacy и видеонаблюдение» в терминах сайта (смена, SKU, конфиг), пункт доработки 15.

Второй сайт и перенос обязательств

Фиксируйте наблюдаемое поведение по «7. Данные, privacy и видеонаблюдение» в терминах сайта (смена, SKU,

конфиг), пункт доработки 16.

Чеклист перед canary

Фиксируйте наблюдаемое поведение по «7. Данные, privacy и видеонаблюдение» в терминах сайта (смена, SKU, конфиг), пункт доработки 18.

Практика недели

Фиксируйте наблюдаемое поведение по «7. Данные, privacy и видеонаблюдение» в терминах сайта (смена, SKU, конфиг), пункт доработки 19.

Закупка и дисквалификаторы

В тендер по теме «7. Данные, privacy и видеонаблюдение» внесите дисквалификаторы: нет архитектуры safety, нет offline, нет data rights, нет rollback, нет журнала вмешательств, нет референса на сопоставимый режим. Цена ниже рынка при отсутствии этих пунктов обычно означает перенос риска на вас молча.

Фиксируйте наблюдаемое поведение по «7. Данные, privacy и видеонаблюдение» в терминах сайта (смена, SKU, конфиг), пункт доработки 20.

Граница ответственности в пилоте «7. Данные, privacy и видеонаблюдение»

Фиксируйте наблюдаемое поведение по «7. Данные, privacy и видеонаблюдение» в терминах сайта (смена, SKU, конфиг), пункт доработки 21.

Журнал, без которого споры бессмысленны

Фиксируйте наблюдаемое поведение по «7. Данные,

privacy и видеонаблюдение» в терминах сайта (смена, SKU, конфиг), пункт доработки 22.

Что сказать смене без юридического тумана

Фиксируйте наблюдаемое поведение по «7. Данные, privacy и видеонаблюдение» в терминах сайта (смена, SKU, конфиг), пункт доработки 23.

Связь с ОТ и safety-каналом

Фиксируйте наблюдаемое поведение по «7. Данные, privacy и видеонаблюдение» в терминах сайта (смена, SKU, конфиг), пункт доработки 24.

Метрики, которые не маскируют риск

Success rate без near miss и без teleop share врёт. Для тем вокруг «7. Данные, privacy и видеонаблюдение» на дашборд спонсора добавляйте: число инцидентов с разбором, срок закрытия действий, долю эпизодов с полной комплектацией, факты отказа в доступе к данным по запросу. Green KPI при дырявых логах — красный флаг для комплаенса.

Фиксируйте наблюдаемое поведение по «7. Данные, privacy и видеонаблюдение» в терминах сайта (смена, SKU, конфиг), пункт доработки 25.

Второй сайт и перенос обязательств

Фиксируйте наблюдаемое поведение по «7. Данные, privacy и видеонаблюдение» в терминах сайта (смена, SKU, конфиг), пункт доработки 26.

Чеклист перед canary

Фиксируйте наблюдаемое поведение по «7. Данные,

privacy и видеонаблюдение» в терминах сайта (смена, SKU, конфиг), пункт доработки 28.

Практика недели

Фиксируйте наблюдаемое поведение по «7. Данные, privacy и видеонаблюдение» в терминах сайта (смена, SKU, конфиг), пункт доработки 29.

Закупка и дисквалификаторы

В тендер по теме «7. Данные, privacy и видеонаблюдение» внесите дисквалификаторы: нет архитектуры safety, нет offline, нет data rights, нет rollback, нет журнала вмешательств, нет референса на сопоставимый режим. Цена ниже рынка при отсутствии этих пунктов обычно означает перенос риска на вас молча.

Фиксируйте наблюдаемое поведение по «7. Данные, privacy и видеонаблюдение» в терминах сайта (смена, SKU, конфиг), пункт доработки 30.

Пайплайн эпизода с privacy by design

Схема: захват on-cell → буфер с TTL → триаж (инцидент / обычный цикл) → для обычного: агрегированные метрики и короткие feature-пакеты → для инцидента: clip с redaction лиц/бейджей по политике → выгрузка только по ticket с аудитом. Train-выборки собирают из разрешённого контура с purpose tag. Нет tag — нет train.

Синхронизация с WMS/MES не требует raw video в ERP. Достаточно event codes. Чем меньше систем видят картинку, тем проще.

Ночные смены и ожидания

Ночная смена чувствительнее к ощущению слежки. Усильте прозрачность: что пишется, что нет, кто дежурит remote. Запретите использование клипов для дисциплинарных рыбалок без отдельной процедуры. Иначе камеры для AI станут камерами против людей — и данные начнут «пропадать».

Cross-border

Если remote triage в другой стране — это трансграничная передача. Пропишите в DPA, используйте согласованные механизмы, минимизируйте raw. Иногда достаточно metadata+keyframes без лиц. Техническое решение часто дешевле юридического топора.

Vendor lock на данных

Хранение только в облаке вендора без экспорта = риск на exit. Требуйте возможность выгрузки эпизодов заказчика в оговорённом формате. Privacy и коммерция здесь пересекаются: без экспорта вы не только зависимы, но и не можете сменить поставщика при утечке доверия.

Оценка воздействия

Для крупных площадок с постоянной записью — DPIA/аналог по вашей юрисдикции. Даже если формально «не обязательно», короткий внутренний DPIA выявляет дыры: чрезмерный retention, лишние получатели, слабый доступ. Делайте до canary, не после жалобы.

Метрики privacy-операций

Число запросов доступа/удаления, срок ответа, число неавторизованных попыток выгрузки, доля клипов с незакрытым purpose, просроченный retention. Если этих метрик нет, privacy policy — декорация.

На дашборде спонсора рядом с success держите near miss, teleop share и долю полных эпизодов — иначе ответственность и privacy остаются словами. Контрольный пункт 1 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Change control среды обязателен: сдвиг стеллажа, новое освещение, новый SKU пересматривают карту ограничений и временно замораживают KPI автономии. Контрольный пункт 2 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Remote triage без пакета логов увеличивает и юридический, и сервисный риск: field приезжает поздно и без фактов. Контрольный пункт 3 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Canary на двух ячейках с разными сменами ловит больше процессных дыр, чем canary на одной «удобной» линии. Контрольный пункт 4 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Out-of-scope список должен висеть на ячейке в коротком виде; споры про ответственность часто рождаются из серого хвоста SKU. Контрольный пункт 5 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. OTA в регулируемом контуре проходит оценку влияния: что меняется в поведении, какой rollback, кто дежурит. Контрольный пункт 6 по теме главы: проверяйте на конкретной ячей-

ке, не в абстракции. Обучение смены обновляют тем же релизом, что и политику отказа; иначе люди действуют по старой памяти. Контрольный пункт 7 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Аудит доступов к raw video делают ежеквартально; уволенные интеграторы не должны жить в VPN вечно. Контрольный пункт 8 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Страховой андеррайтинг упрощается, если есть near-miss журнал и архитектурный разрез safety/ML. Контрольный пункт 9 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Запрет mute safety-мониторов пишут и в runbook, и в договор; нарушения — отдельный класс инцидента. Контрольный пункт 10 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Для биометрии нужна отдельная таблица сигналов; отсутствие строки означает запрет сигнала в проде. Контрольный пункт 11 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Secondary use данных для обучения вендора не выводят из «уведомления о работе линии» без явного слоя согласия/договора. Контрольный пункт 12 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Сегментные метрики по SKU и сменам выявляют скрытую несправедливость средних KPI. Контрольный пункт 13 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. RACI на топкоды отказа прилагают к альянс-договору, чтобы вред не тонул в перекидывании вины. Контрольный пункт 14 по теме

главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Premature scaling ломает комплаенс так же, как метрики: второй сайт требует заново прозрачность, обучение и map ограничений. Контрольный пункт 15 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. На дашборде спонсора рядом с success держите near miss, teleop share и долю полных эпизодов — иначе ответственность и privacy остаются словами. Контрольный пункт 16 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Change control среды обязателен: сдвиг стеллажа, новое освещение, новый SKU пересматривают карту ограничений и временно замораживают KPI автономии. Контрольный пункт 17 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Remote triage без пакета логов увеличивает и юридический, и сервисный риск: field приезжает поздно и без фактов. Контрольный пункт 18 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Canary на двух ячейках с разными сменами ловит больше процессных дыр, чем canary на одной «удобной» линии. Контрольный пункт 19 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Out-of-scope список должен висеть на ячейке в коротком виде; споры про ответственность часто рождаются из серого хвоста SKU. Контрольный пункт 20 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. OTA в регулируемом контуре проходит оценку влияния: что меняется в поведении, какой rollback, кто дежурит. Контрольный

пункт 21 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Обучение смены обновляют тем же релизом, что и политику отказа; иначе люди действуют по старой памяти. Контрольный пункт 22 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Аудит доступов к raw video делают ежеквартально; уволенные интеграторы не должны жить в VPN вечно. Контрольный пункт 23 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Страховой андеррайтинг упрощается, если есть near-miss журнал и архитектурный разрез safety/ML. Контрольный пункт 24 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Запрет mute safety-мониторов пишут и в runbook, и в договор; нарушения — отдельный класс инцидента. Контрольный пункт 25 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Для биометрии нужна отдельная таблица сигналов; отсутствие строки означает запрет сигнала в проде. Контрольный пункт 26 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Secondary use данных для обучения вендора не выводят из «уведомления о работе линии» без явного слоя согласия/договора. Контрольный пункт 27 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Сегментные метрики по SKU и сменам выявляют скрытую несправедливость средних KPI. Контрольный пункт 28 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. RACI на топкоды отказа прилагают к альянс-договору, чтобы вред не то-

нул в перекидывании вины. Контрольный пункт 29 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Premature scaling ломает комплаенс так же, как метрики: второй сайт требует заново прозрачность, обучение и map ограничений. Контрольный пункт 30 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. На дашборде спонсора рядом с success держите near miss, teleop share и долю полных эпизодов — иначе ответственность и privacy остаются словами. Контрольный пункт 31 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Change control среды обязателен: сдвиг стеллажа, новое освещение, новый SKU пересматривают карту ограничений и временно замораживают KPI автономии. Контрольный пункт 32 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Remote triage без пакета логов увеличивает и юридический, и сервисный риск: field приезжает поздно и без фактов. Контрольный пункт 33 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Canary на двух ячейках с разными сменами ловит больше процессных дыр, чем canary на одной «удобной» линии. Контрольный пункт 34 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Out-of-scope список должен висеть на ячейке в коротком виде; споры про ответственность часто рождаются из серого хвоста SKU. Контрольный пункт 35 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. OTA в регулируемом контуре проходит оценку влияния: что меняет-

ся в поведении, какой rollback, кто дежурит. Контрольный пункт 36 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Обучение смены обновляют тем же релизом, что и политику отказа; иначе люди действуют по старой памяти. Контрольный пункт 37 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Аудит доступов к raw video делают ежеквартально; уволенные интеграторы не должны жить в VPN вечно. Контрольный пункт 38 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Страховой андеррайтинг упрощается, если есть near-miss журнал и архитектурный разрез safety/ML. Контрольный пункт 39 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Запрет mute safety-мониторов пишут и в runbook, и в договор; нарушения — отдельный класс инцидента. Контрольный пункт 40 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Для биометрии нужна отдельная таблица сигналов; отсутствие строки означает запрет сигнала в проде. Контрольный пункт 41 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Secondary use данных для обучения вендора не выводят из «уведомления о работе линии» без явного слоя согласия/договора. Контрольный пункт 42 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Сегментные метрики по SKU и сменам выявляют скрытую несправедливость средних KPI. Контрольный пункт 43 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. RACI на топ-

коды отказа прилагают к альянс-договору, чтобы вред не тонул в перекидывании вины. Контрольный пункт 44 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Premature scaling ломает комплаенс так же, как метрики: второй сайт требует заново прозрачность, обучение и map ограничений. Контрольный пункт 45 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. На дашборде спонсора рядом с success держите near miss, teleop share и долю полных эпизодов — иначе ответственность и privacy остаются словами. Контрольный пункт 46 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Change control среды обязателен: сдвиг стеллажа, новое освещение, новый SKU пересматривают карту ограничений и временно замораживают KPI автономии. Контрольный пункт 47 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Remote triage без пакета логов увеличивает и юридический, и сервисный риск: field приезжает поздно и без фактов. Контрольный пункт 48 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Canary на двух ячейках с разными сменами ловит больше процессных дыр, чем canary на одной «удобной» линии. Контрольный пункт 49 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Out-of-scope список должен висеть на ячейке в коротком виде; споры про ответственность часто рождаются из серого хвоста SKU. Контрольный пункт 50 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. OTA в регулируемом

контуре проходит оценку влияния: что меняется в поведении, какой rollback, кто дежурит. Контрольный пункт 51 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Обучение смены обновляют тем же релизом, что и политику отказа; иначе люди действуют по старой памяти. Контрольный пункт 52 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Аудит доступов к raw video делают ежеквартально; уволенные интеграторы не должны жить в VPN вечно. Контрольный пункт 53 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Страховой андеррайтинг упрощается, если есть near-miss журнал и архитектурный разрез safety/ML. Контрольный пункт 54 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Запрет mute safety-мониторов пишут и в runbook, и в договор; нарушения — отдельный класс инцидента. Контрольный пункт 55 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Для биометрии нужна отдельная таблица сигналов; отсутствие строки означает запрет сигнала в проде. Контрольный пункт 56 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Secondary use данных для обучения вендора не выводят из «уведомления о работе линии» без явного слоя согласия/договора. Контрольный пункт 57 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Сегментные метрики по SKU и сменам выявляют скрытую несправедливость средних KPI. Контрольный пункт 58 по теме главы: проверяйте на конкретной ячей-

ке, не в абстракции. RACI на топ-коды отказа прилагают к альянс-договору, чтобы вред не тонул в перекидывании вины. Контрольный пункт 59 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Premature scaling ломает комплаенс так же, как метрики: второй сайт требует заново прозрачность, обучение и map ограничений. Контрольный пункт 60 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. На дашборде спонсора рядом с success держите near miss, teleop share и долю полных эпизодов — иначе ответственность и privacy остаются словами. Контрольный пункт 61 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции.

8. Биометрия и чувствительные признаки

Биометрия в Physical AI появляется не только «для security»: распознавание лица для допуска к teleop, голос оператора, силуэты для safety around people, иногда — оценка усталости. Каждый такой сигнал тянет отдельный режим согласия, хранения и запрета вторичного использования.

Нужна ли биометрия задаче

Часто достаточно бейджа, зоны, кнопки, role-based login. Если биометрия не закрывает конкретный риск (подмена оператора на safety-критичном teleop) — не вводите. «Современно» — плохой rationale. Чем меньше биометрии, тем проще поставка в корпоративный контур.

Разделение safety-perception людей и идентификации

Детектор человека для замедления базы ≠ идентификация Иванова. Храните и документируйте раздельно. Модель «person present» не должна логировать identity embedding «на всякий». Смешение в одном пайплайне — типичная ошибка, которую потом невозможно отмыть в аудите.

Чувствительные выводы

Даже без формальной биометрии модель может проксировать здоровье, эмоции, демографию. Запретите продукт-

ные фичи, которые выводят такие признаки без явной правовой основы и нужды. Маркетинг «AI видит усталость» на складе — мина.

Хранение и шаблоны

Шаблоны биометрии — отдельное хранилище, отдельные ключи, короткий retention, запрет копирования в data lake рядом с эпизодами захвата. Доступ — именной. Удаление по запросу/увольнению — тестируемая процедура, не обещание в PDF.

Поставщики

Third-party face SDK приносит чужой cloud и чужие условия. Читайте, куда уходит template, есть ли secondary use, можно ли on-prem. Если вендор SDK молчит — дисквалификация.

Инцидент

Утечка биометрии тяжелее утечки обычного видео. Playbook и страховка должны это различать. Не держите биометрию на ноутбуках field-инженеров «для удобства».

Практика

Таблица: сигнал → цель → правовое основание → место хранения → retention → кто доступ → secondary use (обычно нет). Нет строки в таблице — нет сигнала в проде.

Граница ответственности в пилоте «8. Биометрия и чувствительные признаки»

Фиксируйте наблюдаемое поведение по «8. Биометрия и чувствительные признаки» в терминах сайта (смена, SKU,

конфиг), пункт доработки 1.

Журнал, без которого споры бессмысленны

Фиксируйте наблюдаемое поведение по «8. Биометрия и чувствительные признаки» в терминах сайта (смена, SKU, конфиг), пункт доработки 2.

Что сказать смене без юридического тумана

Фиксируйте наблюдаемое поведение по «8. Биометрия и чувствительные признаки» в терминах сайта (смена, SKU, конфиг), пункт доработки 3.

Связь с OT и safety-каналом

Фиксируйте наблюдаемое поведение по «8. Биометрия и чувствительные признаки» в терминах сайта (смена, SKU, конфиг), пункт доработки 4.

Метрики, которые не маскируют риск

Success rate без near miss и без teleop share врёт. Для тем вокруг «8. Биометрия и чувствительные признаки» на дашборд спонсора добавляйте: число инцидентов с разбором, срок закрытия действий, долю эпизодов с полной комплектацией, факты отказа в доступе к данным по запросу. Green KPI при дырявых логах — красный флаг для комплаенса.

Фиксируйте наблюдаемое поведение по «8. Биометрия и чувствительные признаки» в терминах сайта (смена, SKU, конфиг), пункт доработки 5.

Второй сайт и перенос обязательств

Фиксируйте наблюдаемое поведение по «8. Биометрия и чувствительные признаки» в терминах сайта (смена, SKU,

конфиг), пункт доработки 6.

Чеклист перед canary

Фиксируйте наблюдаемое поведение по «8. Биометрия и чувствительные признаки» в терминах сайта (смена, SKU, конфиг), пункт доработки 8.

Практика недели

Фиксируйте наблюдаемое поведение по «8. Биометрия и чувствительные признаки» в терминах сайта (смена, SKU, конфиг), пункт доработки 9.

Закупка и дисквалификаторы

В тендер по теме «8. Биометрия и чувствительные признаки» внесите дисквалификаторы: нет архитектуры safety, нет offline, нет data rights, нет rollback, нет журнала вмешательств, нет референса на сопоставимый режим. Цена ниже рынка при отсутствии этих пунктов обычно означает перенос риска на вас молча.

Фиксируйте наблюдаемое поведение по «8. Биометрия и чувствительные признаки» в терминах сайта (смена, SKU, конфиг), пункт доработки 10.

Граница ответственности в пилоте «8. Биометрия и чувствительные признаки»

Фиксируйте наблюдаемое поведение по «8. Биометрия и чувствительные признаки» в терминах сайта (смена, SKU, конфиг), пункт доработки 11.

Журнал, без которого споры бессмысленны

Фиксируйте наблюдаемое поведение по «8. Биометрия и

чувствительные признаки» в терминах сайта (смена, SKU, конфиг), пункт доработки 12.

Что сказать смене без юридического тумана

Фиксируйте наблюдаемое поведение по «8. Биометрия и чувствительные признаки» в терминах сайта (смена, SKU, конфиг), пункт доработки 13.

Связь с OT и safety-каналом

Фиксируйте наблюдаемое поведение по «8. Биометрия и чувствительные признаки» в терминах сайта (смена, SKU, конфиг), пункт доработки 14.

Метрики, которые не маскируют риск

Success rate без near miss и без teleop share врёт. Для тем вокруг «8. Биометрия и чувствительные признаки» на дашборд спонсора добавляйте: число инцидентов с разбором, срок закрытия действий, долю эпизодов с полной комплектацией, факты отказа в доступе к данным по запросу. Green KPI при дырявых логах — красный флаг для комплаенса.

Фиксируйте наблюдаемое поведение по «8. Биометрия и чувствительные признаки» в терминах сайта (смена, SKU, конфиг), пункт доработки 15.

Второй сайт и перенос обязательств

Фиксируйте наблюдаемое поведение по «8. Биометрия и чувствительные признаки» в терминах сайта (смена, SKU, конфиг), пункт доработки 16.

Чеклист перед canary

Фиксируйте наблюдаемое поведение по «8. Биометрия и

чувствительные признаки» в терминах сайта (смена, SKU, конфиг), пункт доработки 18.

Практика недели

Фиксируйте наблюдаемое поведение по «8. Биометрия и чувствительные признаки» в терминах сайта (смена, SKU, конфиг), пункт доработки 19.

Закупка и дисквалификаторы

В тендер по теме «8. Биометрия и чувствительные признаки» внесите дисквалификаторы: нет архитектуры safety, нет offline, нет data rights, нет rollback, нет журнала вмешательств, нет референса на сопоставимый режим. Цена ниже рынка при отсутствии этих пунктов обычно означает перенос риска на вас молча.

Фиксируйте наблюдаемое поведение по «8. Биометрия и чувствительные признаки» в терминах сайта (смена, SKU, конфиг), пункт доработки 20.

Граница ответственности в пилоте «8. Биометрия и чувствительные признаки»

Фиксируйте наблюдаемое поведение по «8. Биометрия и чувствительные признаки» в терминах сайта (смена, SKU, конфиг), пункт доработки 21.

Журнал, без которого споры бессмысленны

Фиксируйте наблюдаемое поведение по «8. Биометрия и чувствительные признаки» в терминах сайта (смена, SKU, конфиг), пункт доработки 22.

Что сказать смене без юридического тумана

Фиксируйте наблюдаемое поведение по «8. Биометрия и чувствительные признаки» в терминах сайта (смена, SKU, конфиг), пункт доработки 23.

Связь с OT и safety-каналом

Фиксируйте наблюдаемое поведение по «8. Биометрия и чувствительные признаки» в терминах сайта (смена, SKU, конфиг), пункт доработки 24.

Метрики, которые не маскируют риск

Success rate без near miss и без teleop share врёт. Для тем вокруг «8. Биометрия и чувствительные признаки» на дашборд спонсора добавляйте: число инцидентов с разбором, срок закрытия действий, долю эпизодов с полной комплектацией, факты отказа в доступе к данным по запросу. Green KPI при дырявых логах — красный флаг для комплаенса.

Фиксируйте наблюдаемое поведение по «8. Биометрия и чувствительные признаки» в терминах сайта (смена, SKU, конфиг), пункт доработки 25.

Второй сайт и перенос обязательств

Фиксируйте наблюдаемое поведение по «8. Биометрия и чувствительные признаки» в терминах сайта (смена, SKU, конфиг), пункт доработки 26.

Чеклист перед canary

Фиксируйте наблюдаемое поведение по «8. Биометрия и чувствительные признаки» в терминах сайта (смена, SKU, конфиг), пункт доработки 28.

Практика недели

Фиксируйте наблюдаемое поведение по «8. Биометрия и чувствительные признаки» в терминах сайта (смена, SKU, конфиг), пункт доработки 29.

Закупка и дисквалификаторы

В тендер по теме «8. Биометрия и чувствительные признаки» внесите дисквалификаторы: нет архитектуры safety, нет offline, нет data rights, нет rollback, нет журнала вмешательств, нет референса на сопоставимый режим. Цена ниже рынка при отсутствии этих пунктов обычно означает перенос риска на вас молча.

Фиксируйте наблюдаемое поведение по «8. Биометрия и чувствительные признаки» в терминах сайта (смена, SKU, конфиг), пункт доработки 30.

Teleop login без биометрии

Предпочтительный стек: аппаратный ключ / SSO / сменный PIN на консоли в контролируемой зоне. Биометрия — только если threat model показывает подмену оператора как реальный риск и другие факторы не закрывают. Документируйте threat model одной страницей; без неё биометрия — мода.

Силуэты и «мягкая» биометрия

Даже embedding силуэта может быть квази-идентификатором в маленькой смене. Не стройте репутационные скоры людей («этот оператор часто рядом с abort»). Это HR-функция в робототехнической обёртке и почти всегда плохая идея.

Медицина и care

В вертикалях care/мед любые физиологические сигналы — отдельный ад. По умолчанию out-of-scope для складского Physical AI. Если продукт реально medical — другая регуляторная ветка, другие команды, другие обещания. Не мимикрируйте.

Закупка SDK

Чеклист: on-prem option, secondary use запрещён контрактом, audit log, delete API, subprocessors list, инцидент response. Демо accuracy на лице не важнее этих пунктов.

Обучение моделей

Запрет: дообучать foundation на биометрии заказчика без отдельного договора. Разрешение: только шаблоны доступа в изолированном сервисе auth, не в датасете хватов. Смешение в одном data lake — путь к необратимому компромиссу.

Проверка на сайте

Раз в квартал: нет ли «временно» включённого face на старой ячейке; нет ли копий шаблонов у field; совпадает ли retention с политикой. Биометрия любит расползаться тихими исключениями.

На дашборде спонсора рядом с success держите near miss, teleop share и долю полных эпизодов — иначе ответственность и privacy остаются словами. Контрольный пункт 1 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Change control среды обязателен: сдвиг стеллажа, новое освещение, новый SKU пересматривают карту ограни-

чений и временно замораживают KPI автономии. Контрольный пункт 2 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Remote triage без пакета логов увеличивает и юридический, и сервисный риск: field приезжает поздно и без фактов. Контрольный пункт 3 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Canary на двух ячейках с разными сменами ловит больше процессных дыр, чем canary на одной «удобной» линии. Контрольный пункт 4 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Out-of-scope список должен висеть на ячейке в коротком виде; споры про ответственность часто рождаются из серого хвоста SKU. Контрольный пункт 5 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. OTA в регулируемом контуре проходит оценку влияния: что меняется в поведении, какой rollback, кто дежурит. Контрольный пункт 6 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Обучение смены обновляют тем же релизом, что и политику отказа; иначе люди действуют по старой памяти. Контрольный пункт 7 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Аудит доступов к raw video делают ежеквартально; уволенные интеграторы не должны жить в VPN вечно. Контрольный пункт 8 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Страховой андеррайтинг упрощается, если есть near-miss журнал и архитектурный разрез safety/ML. Контрольный пункт 9 по теме главы: проверяйте на конкретной ячей-

ке, не в абстракции. Запрет mute safety-мониторов пишут и в runbook, и в договор; нарушения — отдельный класс инцидента. Контрольный пункт 10 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Для биометрии нужна отдельная таблица сигналов; отсутствие строки означает запрет сигнала в проде. Контрольный пункт 11 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Secondary use данных для обучения вендора не выводят из «уведомления о работе линии» без явного слоя согласия/договора. Контрольный пункт 12 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Сегментные метрики по SKU и сменам выявляют скрытую несправедливость средних KPI. Контрольный пункт 13 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. RACI на топкоды отказа прилагают к альянс-договору, чтобы вред не тонул в перекидывании вины. Контрольный пункт 14 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Premature scaling ломает комплаенс так же, как метрики: второй сайт требует заново прозрачность, обучение и map ограничений. Контрольный пункт 15 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. На дашборде спонсора рядом с success держите near miss, teleop share и долю полных эпизодов — иначе ответственность и privacy остаются словами. Контрольный пункт 16 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Change control среды обязателен: сдвиг стеллажа, новое освещение, новый

SKU пересматривают карту ограничений и временно замораживают KPI автономии. Контрольный пункт 17 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Remote triage без пакета логов увеличивает и юридический, и сервисный риск: field приезжает поздно и без фактов. Контрольный пункт 18 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Canary на двух ячейках с разными сменами ловит больше процессных дыр, чем canary на одной «удобной» линии. Контрольный пункт 19 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Out-of-scope список должен висеть на ячейке в коротком виде; споры про ответственность часто рождаются из серого хвоста SKU. Контрольный пункт 20 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. OTA в регулируемом контуре проходит оценку влияния: что меняется в поведении, какой rollback, кто дежурит. Контрольный пункт 21 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Обучение смены обновляют тем же релизом, что и политику отказа; иначе люди действуют по старой памяти. Контрольный пункт 22 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Аудит доступов к raw video делают ежеквартально; уволенные интеграторы не должны жить в VPN вечно. Контрольный пункт 23 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Страховой андеррайтинг упрощается, если есть near-miss журнал и архитектурный разрез safety/ML. Контроль-

ный пункт 24 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Запрет mute safety-мониторов пишут и в runbook, и в договор; нарушения — отдельный класс инцидента. Контрольный пункт 25 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Для биометрии нужна отдельная таблица сигналов; отсутствие строки означает запрет сигнала в проде. Контрольный пункт 26 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Secondary use данных для обучения вендора не выводят из «уведомления о работе линии» без явного слоя согласия/договора. Контрольный пункт 27 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Сегментные метрики по SKU и сменам выявляют скрытую несправедливость средних KPI. Контрольный пункт 28 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. RACI на топкоды отказа прилагают к альянс-договору, чтобы вред не тонул в перекидывании вины. Контрольный пункт 29 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Premature scaling ломает комплаенс так же, как метрики: второй сайт требует заново прозрачность, обучение и map ограничений. Контрольный пункт 30 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. На дашборде спонсора рядом с success держите near miss, teleop share и долю полных эпизодов — иначе ответственность и privacy остаются словами. Контрольный пункт 31 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Change control

среды обязателен: сдвиг стеллажа, новое освещение, новый SKU пересматривают карту ограничений и временно замораживают KPI автономии. Контрольный пункт 32 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Remote triage без пакета логов увеличивает и юридический, и сервисный риск: field приезжает поздно и без фактов. Контрольный пункт 33 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Canary на двух ячейках с разными сменами ловит больше процессных дыр, чем canary на одной «удобной» линии. Контрольный пункт 34 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Out-of-scope список должен висеть на ячейке в коротком виде; споры про ответственность часто рождаются из серого хвоста SKU. Контрольный пункт 35 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. OTA в регулируемом контуре проходит оценку влияния: что меняется в поведении, какой rollback, кто дежурит. Контрольный пункт 36 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Обучение смены обновляют тем же релизом, что и политику отказа; иначе люди действуют по старой памяти. Контрольный пункт 37 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Аудит доступов к raw video делают ежеквартально; уволенные интеграторы не должны жить в VPN вечно. Контрольный пункт 38 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Страховой андеррайтинг упрощается, если есть near-

miss журнал и архитектурный разрез safety/ML. Контрольный пункт 39 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Запрет mute safety-мониторов пишут и в runbook, и в договор; нарушения — отдельный класс инцидента. Контрольный пункт 40 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Для биометрии нужна отдельная таблица сигналов; отсутствие строки означает запрет сигнала в проде. Контрольный пункт 41 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Secondary use данных для обучения вендора не выводят из «уведомления о работе линии» без явного слоя согласия/договора. Контрольный пункт 42 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Сегментные метрики по SKU и сменам выявляют скрытую несправедливость средних KPI. Контрольный пункт 43 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. RACI на топкоды отказа прилагают к альянс-договору, чтобы вред не тонул в перекидывании вины. Контрольный пункт 44 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Premature scaling ломает комплаенс так же, как метрики: второй сайт требует заново прозрачность, обучение и map ограничений. Контрольный пункт 45 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. На дашборде спонсора рядом с success держите near miss, teleop share и долю полных эпизодов — иначе ответственность и privacy остаются словами. Контрольный пункт 46 по теме главы: прове-

ряйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Change control среды обязателен: сдвиг стеллажа, новое освещение, новый SKU пересматривают карту ограничений и временно замораживают KPI автономии. Контрольный пункт 47 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Remote triage без пакета логов увеличивает и юридический, и сервисный риск: field приезжает поздно и без фактов. Контрольный пункт 48 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Canary на двух ячейках с разными сменами ловит больше процессных дыр, чем canary на одной «удобной» линии. Контрольный пункт 49 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Out-of-scope список должен висеть на ячейке в коротком виде; споры про ответственность часто рождаются из серого хвоста SKU. Контрольный пункт 50 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. OTA в регулируемом контуре проходит оценку влияния: что меняется в поведении, какой rollback, кто дежурит. Контрольный пункт 51 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Обучение смены обновляют тем же релизом, что и политику отказа; иначе люди действуют по старой памяти. Контрольный пункт 52 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Аудит доступов к raw video делают ежеквартально; уволенные интеграторы не должны жить в VPN вечно. Контрольный пункт 53 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстрак-

ции. Страховой андеррайтинг упрощается, если есть near-miss журнал и архитектурный разрез safety/ML. Контрольный пункт 54 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Запрет mute safety-мониторов пишут и в runbook, и в договор; нарушения — отдельный класс инцидента. Контрольный пункт 55 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Для биометрии нужна отдельная таблица сигналов; отсутствие строки означает запрет сигнала в проде. Контрольный пункт 56 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Secondary use данных для обучения вендора не выводят из «уведомления о работе линии» без явного слоя согласия/договора. Контрольный пункт 57 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Сегментные метрики по SKU и сменам выявляют скрытую несправедливость средних KPI. Контрольный пункт 58 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. RACI на топкоды отказа прилагают к альянс-договору, чтобы вред не тонул в перекидывании вины. Контрольный пункт 59 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Premature scaling ломает комплаенс так же, как метрики: второй сайт требует заново прозрачность, обучение и map ограничений. Контрольный пункт 60 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. На дашборде спонсора рядом с success держите near miss, teleop share и долю полных эпизодов — иначе ответственность и privacy оста-

ются словами. Контрольный пункт 61 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Change control среды обязателен: сдвиг стеллажа, новое освещение, новый SKU пересматривают карту ограничений и временно замораживают KPI автономии. Контрольный пункт 62 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Remote triage без пакета логов увеличивает и юридический, и сервисный риск: field приезжает поздно и без фактов. Контрольный пункт 63 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Canary на двух ячейках с разными сменами ловит больше процессных дыр, чем canary на одной «удобной» линии. Контрольный пункт 64 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции.

9. Труд, занятость и переквалификация

Physical AI меняет задачи смены раньше, чем «забирает все рабочие места». Честный разговор для PM и заказчика: какие операции уходят, какие появляются (супервизор, QC данных, field), какой timeline обучения, как не обещать магии и не прятать teleop как «временную помощь навсегда».

Что реально меняется на линии

Уходит часть монотонного хвата и перемещения в узком SKU. Остаётся разбор исключений, питание ячейки, смена tool, контроль качества, эскалации. Появляется спрос на людей, которые читают коды abort и не боятся сказать «карта ограничений устарела». Это другие навыки, не «кнопка пуск».

Teleop как скрытая занятость

Если автономия держится на ночных операторах за консолью, вы не сократили труд — вы переместили его в другой цех, часто хуже эргономически. Считайте teleop FTE в unit economics и в разговоре с HR. Иначе «экономия» исчезнет в отчёте через квартал.

Переквалификация

Программа: карта ограничений и out-of-scope; чтение дашборда age/near miss; runbook abort; когда звать remote;

запрет continue после safety без кода. Короткие модули после каждого major OTA. Сертификация допуска к supervised режиму. Без этого текучка съедает пилот.

Сопротивление и доверие

Скрытые камеры, штрафы за abort, игнор near miss — убивают принятие. Наоборот: участие смены в обновлении карты ограничений, видимый журнал, отсутствие наказаний за честный stop — снижают саботаж и «тихий teleop».

Контракт и аутсорс

Кто работодатель teleop-оператора — заказчик, вендор, BPO? От этого зависят охрана труда, смены, ответственность. Не оставляйте в серой зоне.

Практика

В пилотный план впишите: роли до/после, часы обучения, критерий допуска, бюджет backfill. HR и OT на kickoff, не после первого конфликта на смене.

Граница ответственности в пилоте «9. Труд, занятость и переквалификация»

Фиксируйте наблюдаемое поведение по «9. Труд, занятость и переквалификация» в терминах сайта (смена, SKU, конфиг), пункт доработки 1.

Журнал, без которого споры бессмысленны

Фиксируйте наблюдаемое поведение по «9. Труд, занятость и переквалификация» в терминах сайта (смена, SKU, конфиг), пункт доработки 2.

Что сказать смене без юридического тумана

Фиксируйте наблюдаемое поведение по «9. Труд, занятость и переквалификация» в терминах сайта (смена, SKU, конфиг), пункт доработки 3.

Связь с OT и safety-каналом

Фиксируйте наблюдаемое поведение по «9. Труд, занятость и переквалификация» в терминах сайта (смена, SKU, конфиг), пункт доработки 4.

Метрики, которые не маскируют риск

Success rate без near miss и без teleop share врёт. Для тем вокруг «9. Труд, занятость и переквалификация» на дашборд спонсора добавляйте: число инцидентов с разбором, срок закрытия действий, долю эпизодов с полной комплектацией, факты отказа в доступе к данным по запросу. Green KPI при дырявых логах — красный флаг для комплаенса.

Фиксируйте наблюдаемое поведение по «9. Труд, занятость и переквалификация» в терминах сайта (смена, SKU, конфиг), пункт доработки 5.

Второй сайт и перенос обязательств

Фиксируйте наблюдаемое поведение по «9. Труд, занятость и переквалификация» в терминах сайта (смена, SKU, конфиг), пункт доработки 6.

Чеклист перед canary

Фиксируйте наблюдаемое поведение по «9. Труд, занятость и переквалификация» в терминах сайта (смена, SKU, конфиг), пункт доработки 8.

Практика недели

Фиксируйте наблюдаемое поведение по «9. Труд, занятость и переквалификация» в терминах сайта (смена, SKU, конфиг), пункт доработки 9.

Закупка и дисквалификаторы

В тендер по теме «9. Труд, занятость и переквалификация» внесите дисквалификаторы: нет архитектуры safety, нет offline, нет data rights, нет rollback, нет журнала вмешательств, нет референса на сопоставимый режим. Цена ниже рынка при отсутствии этих пунктов обычно означает перенос риска на вас молча.

Фиксируйте наблюдаемое поведение по «9. Труд, занятость и переквалификация» в терминах сайта (смена, SKU, конфиг), пункт доработки 10.

Граница ответственности в пилоте «9. Труд, занятость и переквалификация»

Фиксируйте наблюдаемое поведение по «9. Труд, занятость и переквалификация» в терминах сайта (смена, SKU, конфиг), пункт доработки 11.

Журнал, без которого споры бессмысленны

Фиксируйте наблюдаемое поведение по «9. Труд, занятость и переквалификация» в терминах сайта (смена, SKU, конфиг), пункт доработки 12.

Что сказать смене без юридического тумана

Фиксируйте наблюдаемое поведение по «9. Труд, занятость и переквалификация» в терминах сайта (смена, SKU, конфиг), пункт доработки 13.

Связь с OT и safety-каналом

Фиксируйте наблюдаемое поведение по «9. Труд, занятость и переквалификация» в терминах сайта (смена, SKU, конфиг), пункт доработки 14.

Метрики, которые не маскируют риск

Success rate без near miss и без teleop share врёт. Для тем вокруг «9. Труд, занятость и переквалификация» на дашборд спонсора добавляйте: число инцидентов с разбором, срок закрытия действий, долю эпизодов с полной комплектацией, факты отказа в доступе к данным по запросу. Green KPI при дырявых логах — красный флаг для комплаенса.

Фиксируйте наблюдаемое поведение по «9. Труд, занятость и переквалификация» в терминах сайта (смена, SKU, конфиг), пункт доработки 15.

Второй сайт и перенос обязательств

Фиксируйте наблюдаемое поведение по «9. Труд, занятость и переквалификация» в терминах сайта (смена, SKU, конфиг), пункт доработки 16.

Чеклист перед canary

Фиксируйте наблюдаемое поведение по «9. Труд, занятость и переквалификация» в терминах сайта (смена, SKU, конфиг), пункт доработки 18.

Практика недели

Фиксируйте наблюдаемое поведение по «9. Труд, занятость и переквалификация» в терминах сайта (смена, SKU, конфиг), пункт доработки 19.

Закупка и дисквалификаторы

В тендер по теме «9. Труд, занятость и переквалификация» внесите дисквалификаторы: нет архитектуры safety, нет offline, нет data rights, нет rollback, нет журнала вмешательств, нет референса на сопоставимый режим. Цена ниже рынка при отсутствии этих пунктов обычно означает перенос риска на вас молча.

Фиксируйте наблюдаемое поведение по «9. Труд, занятость и переквалификация» в терминах сайта (смена, SKU, конфиг), пункт доработки 20.

Граница ответственности в пилоте «9. Труд, занятость и переквалификация»

Фиксируйте наблюдаемое поведение по «9. Труд, занятость и переквалификация» в терминах сайта (смена, SKU, конфиг), пункт доработки 21.

Журнал, без которого споры бессмысленны

Фиксируйте наблюдаемое поведение по «9. Труд, занятость и переквалификация» в терминах сайта (смена, SKU, конфиг), пункт доработки 22.

Что сказать смене без юридического тумана

Фиксируйте наблюдаемое поведение по «9. Труд, занятость и переквалификация» в терминах сайта (смена, SKU, конфиг), пункт доработки 23.

Связь с ОТ и safety-каналом

Фиксируйте наблюдаемое поведение по «9. Труд, занятость и переквалификация» в терминах сайта (смена, SKU,

конфиг), пункт доработки 24.

Метрики, которые не маскируют риск

Success rate без near miss и без teleop share врёт. Для тем вокруг «9. Труд, занятость и переквалификация» на дашборд спонсора добавляйте: число инцидентов с разбором, срок закрытия действий, долю эпизодов с полной комплектацией, факты отказа в доступе к данным по запросу. Green KPI при дырявых логах — красный флаг для комплаенса.

Фиксируйте наблюдаемое поведение по «9. Труд, занятость и переквалификация» в терминах сайта (смена, SKU, конфиг), пункт доработки 25.

Второй сайт и перенос обязательств

Фиксируйте наблюдаемое поведение по «9. Труд, занятость и переквалификация» в терминах сайта (смена, SKU, конфиг), пункт доработки 26.

Чеклист перед canary

Фиксируйте наблюдаемое поведение по «9. Труд, занятость и переквалификация» в терминах сайта (смена, SKU, конфиг), пункт доработки 28.

Практика недели

Фиксируйте наблюдаемое поведение по «9. Труд, занятость и переквалификация» в терминах сайта (смена, SKU, конфиг), пункт доработки 29.

Закупка и дисквалификаторы

В тендер по теме «9. Труд, занятость и переквалификация» внесите дисквалификаторы: нет архитектуры safety,

нет offline, нет data rights, нет rollback, нет журнала вмешательств, нет референса на сопоставимый режим. Цена ниже рынка при отсутствии этих пунктов обычно означает перенос риска на вас молча.

Фиксируйте наблюдаемое поведение по «9. Труд, занятость и переквалификация» в терминах сайта (смена, SKU, конфиг), пункт доработки 30.

Карта ролей до и после пилота

До: операторы линии, бригадир, наладчик, ОТ. После: плюс супервизор автономии, remote triage (возможно вендор), QC эпизодов, владелец карты ограничений на стороне заказчика. Часть старых часов уходит, часть новых появляется. HR должен видеть оба столбца; иначе будет только столбец «сокращения» в слухах.

Сменные графики teleop

Teleop ночью через BPO в другом часовом поясе — отдельная охрана труда и качество. Задержки канала, язык, знание SKU. Считайте не только ставку часа, но и вклад в near miss. Дешёвый teleop с высоким ущербом оснастке — ложная экономия.

Переговоры с представителями работников

Если есть союз/совет: ранний разговор про цели пилота, камеры, метрики, отсутствие персональных штрафов за abort модели. Скрытность здесь дорого обходится. Прозрачный пилот чаще доживает до серии.

Измерение эффекта на занятость

Не «роботы забрали N мест», а: часы на операции X до/после, часы teleop, часы обучения, вакансии новых ролей, текучка. Честный отчёт спонсору снижает риск политического стопа проекта.

Обучение как продукт

Вендор, который отдаёт PDF на 80 страниц, не обучил. Нужны короткие сценарии на ячейке, тест допуска, refresher после OTA. Заложите стоимость обучения в RaaS/пилот — иначе заказчик «сэкономит» и разнесёт вам репутацию неверными действиями смены.

На дашборде спонсора рядом с success держите near miss, teleop share и долю полных эпизодов — иначе ответственность и privacy остаются словами. Контрольный пункт 1 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Change control среды обязателен: сдвиг стеллажа, новое освещение, новый SKU пересматривают карту ограничений и временно замораживают KPI автономии. Контрольный пункт 2 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Remote triage без пакета логов увеличивает и юридический, и сервисный риск: field приезжает поздно и без фактов. Контрольный пункт 3 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Canary на двух ячейках с разными сменами ловит больше процессных дыр, чем canary на одной «удобной» линии. Контрольный пункт 4 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Out-of-scope список должен висеть на ячейке

в коротком виде; споры про ответственность часто рождаются из серого хвоста SKU. Контрольный пункт 5 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. OTA в регулируемом контуре проходит оценку влияния: что меняется в поведении, какой rollback, кто дежурит. Контрольный пункт 6 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Обучение смены обновляют тем же релизом, что и политику отказа; иначе люди действуют по старой памяти. Контрольный пункт 7 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Аудит доступов к raw video делают ежеквартально; уволенные интеграторы не должны жить в VPN вечно. Контрольный пункт 8 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Страховой андеррайтинг упрощается, если есть near-miss журнал и архитектурный разрез safety/ML. Контрольный пункт 9 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Запрет mute safety-мониторов пишут и в runbook, и в договор; нарушения — отдельный класс инцидента. Контрольный пункт 10 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Для биометрии нужна отдельная таблица сигналов; отсутствие строки означает запрет сигнала в проде. Контрольный пункт 11 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Secondary use данных для обучения вендора не выводят из «уведомления о работе линии» без явного слоя согласия/договора. Контрольный пункт 12 по теме главы: проверяйте

на конкретной ячейке, не в абстракции. Сегментные метрики по SKU и сменам выявляют скрытую несправедливость средних KPI. Контрольный пункт 13 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. RACI на топкоды отказа прилагают к альянс-договору, чтобы вред не тонул в перекидывании вины. Контрольный пункт 14 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Premature scaling ломает комплаенс так же, как метрики: второй сайт требует заново прозрачность, обучение и map ограничений. Контрольный пункт 15 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. На дашборде спонсора рядом с success держите near miss, teleop share и долю полных эпизодов — иначе ответственность и privacy остаются словами. Контрольный пункт 16 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Change control среды обязателен: сдвиг стеллажа, новое освещение, новый SKU пересматривают карту ограничений и временно замораживают KPI автономии. Контрольный пункт 17 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Remote triage без пакета логов увеличивает и юридический, и сервисный риск: field приезжает поздно и без фактов. Контрольный пункт 18 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Canary на двух ячейках с разными сменами ловит больше процессных дыр, чем canary на одной «удобной» линии. Контрольный пункт 19 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстрак-

ции. Out-of-scope список должен висеть на ячейке в коротком виде; споры про ответственность часто рождаются из серого хвоста SKU. Контрольный пункт 20 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. OTA в регулируемом контуре проходит оценку влияния: что меняется в поведении, какой rollback, кто дежурит. Контрольный пункт 21 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Обучение смены обновляют тем же релизом, что и политику отказа; иначе люди действуют по старой памяти. Контрольный пункт 22 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Аудит доступов к raw video делают ежеквартально; уволенные интеграторы не должны жить в VPN вечно. Контрольный пункт 23 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Страховой андеррайтинг упрощается, если есть near-miss журнал и архитектурный разрез safety/ML. Контрольный пункт 24 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Запрет mute safety-мониторов пишут и в runbook, и в договор; нарушения — отдельный класс инцидента. Контрольный пункт 25 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Для биометрии нужна отдельная таблица сигналов; отсутствие строки означает запрет сигнала в проде. Контрольный пункт 26 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Secondary use данных для обучения вендора не выводят из «уведомления о работе линии» без явного слоя согласия/до-

говора. Контрольный пункт 27 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Сегментные метрики по SKU и сменам выявляют скрытую несправедливость средних KPI. Контрольный пункт 28 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. RACI на топкоды отказа прилагают к альянс-договору, чтобы вред не тонул в перекидывании вины. Контрольный пункт 29 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Premature scaling ломает комплаенс так же, как метрики: второй сайт требует заново прозрачность, обучение и map ограничений. Контрольный пункт 30 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. На дашборде спонсора рядом с success держите near miss, teleop share и долю полных эпизодов — иначе ответственность и privacy остаются словами. Контрольный пункт 31 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Change control среды обязателен: сдвиг стеллажа, новое освещение, новый SKU пересматривают карту ограничений и временно замораживают KPI автономии. Контрольный пункт 32 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Remote triage без пакета логов увеличивает и юридический, и сервисный риск: field приезжает поздно и без фактов. Контрольный пункт 33 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Canary на двух ячейках с разными сменами ловит больше процессных дыр, чем canary на одной «удобной» линии. Контрольный пункт 34 по те-

ме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Out-of-scope список должен висеть на ячейке в коротком виде; споры про ответственность часто рождаются из серого хвоста SKU. Контрольный пункт 35 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. OTA в регулируемом контуре проходит оценку влияния: что меняется в поведении, какой rollback, кто дежурит. Контрольный пункт 36 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Обучение смены обновляют тем же релизом, что и политику отказа; иначе люди действуют по старой памяти. Контрольный пункт 37 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Аудит доступов к raw video делают ежеквартально; уволенные интеграторы не должны жить в VPN вечно. Контрольный пункт 38 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Страховой андеррайтинг упрощается, если есть near-miss журнал и архитектурный разрез safety/ML. Контрольный пункт 39 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Запрет mute safety-мониторов пишут и в runbook, и в договор; нарушения — отдельный класс инцидента. Контрольный пункт 40 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Для биометрии нужна отдельная таблица сигналов; отсутствие строки означает запрет сигнала в проде. Контрольный пункт 41 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Secondary use данных для обучения вендора не выводят из

«уведомления о работе линии» без явного слоя согласия/договора. Контрольный пункт 42 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Сегментные метрики по SKU и сменам выявляют скрытую несправедливость средних KPI. Контрольный пункт 43 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. RACI на топкоды отказа прилагают к альянс-договору, чтобы вред не тонул в перекидывании вины. Контрольный пункт 44 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Premature scaling ломает комплаенс так же, как метрики: второй сайт требует заново прозрачность, обучение и map ограничений. Контрольный пункт 45 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. На дашборде спонсора рядом с success держите near miss, teleop share и долю полных эпизодов — иначе ответственность и privacy остаются словами. Контрольный пункт 46 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Change control среды обязателен: сдвиг стеллажа, новое освещение, новый SKU пересматривают карту ограничений и временно замораживают KPI автономии. Контрольный пункт 47 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Remote triage без пакета логов увеличивает и юридический, и сервисный риск: field приезжает поздно и без фактов. Контрольный пункт 48 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Canary на двух ячейках с разными сменами ловит больше процессных дыр, чем canary

на одной «удобной» линии. Контрольный пункт 49 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Out-of-scope список должен висеть на ячейке в коротком виде; споры про ответственность часто рождаются из серого хвоста SKU. Контрольный пункт 50 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. OTA в регулируемом контуре проходит оценку влияния: что меняется в поведении, какой rollback, кто дежурит. Контрольный пункт 51 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Обучение смены обновляют тем же релизом, что и политику отказа; иначе люди действуют по старой памяти. Контрольный пункт 52 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Аудит доступов к raw video делают ежеквартально; уволенные интеграторы не должны жить в VPN вечно. Контрольный пункт 53 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Страховой андеррайтинг упрощается, если есть near-miss журнал и архитектурный разрез safety/ML. Контрольный пункт 54 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Запрет mute safety-мониторов пишут и в runbook, и в договор; нарушения — отдельный класс инцидента. Контрольный пункт 55 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Для биометрии нужна отдельная таблица сигналов; отсутствие строки означает запрет сигнала в проде. Контрольный пункт 56 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции.

Secondary use данных для обучения вендора не выводят из «уведомления о работе линии» без явного слоя согласия/договора. Контрольный пункт 57 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Сегментные метрики по SKU и сменам выявляют скрытую несправедливость средних KPI. Контрольный пункт 58 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. RACI на топкоды отказа прилагают к альянс-договору, чтобы вред не тонул в перекидывании вины. Контрольный пункт 59 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Premature scaling ломает комплаенс так же, как метрики: второй сайт требует заново прозрачность, обучение и map ограничений. Контрольный пункт 60 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. На дашборде спонсора рядом с success держите near miss, teleop share и долю полных эпизодов — иначе ответственность и privacy остаются словами. Контрольный пункт 61 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Change control среды обязателен: сдвиг стеллажа, новое освещение, новый SKU пересматривают карту ограничений и временно замораживают KPI автономии. Контрольный пункт 62 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Remote triage без пакета логов увеличивает и юридический, и сервисный риск: field приезжает поздно и без фактов. Контрольный пункт 63 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Canary на двух ячейках с разными

сменами ловит больше процессных дыр, чем canary на одной «удобной» линии. Контрольный пункт 64 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Out-of-scope список должен висеть на ячейке в коротком виде; споры про ответственность часто рождаются из серого хвоста SKU. Контрольный пункт 65 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции.

10. Информированное согласие

Информированное согласие в Physical AI — про запись, видео, remote support и использование эпизодов для train. Согласие смены на «работать рядом с роботом» не равно consent на raw video в облаке вендора.

Практический смысл для ячейки

На полу это проявляется не в лозунгах, а в полях журнала, в UI confirm и в том, кого зовут при near miss. Для U0142 зафиксируйте артефакт до спора о формулировках.

Минимальный набор controls

— Назначение владельца темы у заказчика и вендора

— Запись решения в change log / DPIA / threat model — что уместно именно здесь

— Проверка на canary: сценарий отказа, связанный с «10. Информированное согласие»

— Запрет demo-only evidence

Антипаттерн

Подменить разбор «10. Информированное согласие» общим этическим эссе без ссылки на abort-код, schema эпизода или договорной clause. Маркер главы: ETH-0142.

Связь

См. соседние главы про privacy/safety только как перекрёстные ссылки. Согласие и data rights — отдельные артефакты U0142.

Consent matrix (U0142)

Данные — Цель — Legal basis / contract — TTL — UI notice

raw video — debug — DPA + site policy — 14d — смена видит индикатор записи

episodes — train — contract data rights — per DPA — opt-in заказчика

teleop audio — support — support addendum — 7d — beep/notice

Тест

Спросите двух операторов: что пишется и куда уходит. Расхождение → fail gate U0142.

11. Прозрачность и объяснимость действий

Объяснимость здесь — не SHAP-график для спонсора, а читаемый код abort и UI, по которому ОТ понимает, почему цикл остановился. Если оператор не может повторить причину своими словами — прозрачности нет.

Практический смысл для ячейки

На полу это проявляется не в лозунгах, а в полях журнала, в UI confirm и в том, кого зовут при near miss. Для U0143 зафиксируйте артефакт до спора о формулировках.

Минимальный набор controls

— Назначение владельца темы у заказчика и вендора

— Запись решения в change log / DPIA / threat model — что уместно именно здесь

— Проверка на canary: сценарий отказа, связанный с «11. Прозрачность и объяснимость действий»

— Запрет demo-only evidence

Антипаттерн

Подменить разбор «11. Прозрачность и объяснимость действий» общим этическим эссе без ссылки на abort-код, schema эпизода или договорной clause. Маркер главы: ETH-0143.

Связь

См. соседние главы про privacy/safety только как перекрёстные ссылки. Abort UI и explainability packet — отдельные артефакты U0143.

Explainability packet (U0143)

Обязательные поля на экране супервизора: abort_code, last_sensor_age, config_hash short, recommended action.

Запрет «model low confidence» без кода. Postmortem без кода = неполный пакет.

Тест

На canary воспроизведите 3 abort; оператор называет код и действие из runbook без подсказки инженера. Иначе fail U0143.

12. Доступность и недискриминация

Робот на складе или в сервисе сталкивается с разными людьми: рост, мобильность, язык, средства защиты, особенности восприятия интерфейсов. Дискриминация здесь часто не «модель предвзята в демографии», а проще: UI teleop недоступен, звуковые алерты не дублируются, зоны безопасности заточены под одного «среднего» оператора, а данные обучения перекошены под один тип сцен и упаковки.

Интерфейсы смены

Кнопки, жесты, экраны, наушники: проверьте работу в перчатках, при шуме, при плохом зрении (крупный шрифт, контраст), при альтернативном языке смены. Emergency stop — доступен физически, не только в приложении. Обучение — не только видео без субтитров.

Perception и люди

Детекторы человека ошибаются на нестандартной позе, средствах передвижения, спецодежде. Регресс обязан включать разнообразие силуэтов и occlusions, которые есть на вашем сайте, а не только «офисный датасет». Это safety и недискриминация одновременно: пропуск человека дороже ложного срабатывания в большинстве сценариев мобильной базы.

Распределение ошибок по SKU и сменам

Если модель стабильно валится на упаковке, с которой работает одна бригада/поставщик, эффект unequally бьёт по людям и по премиям. Смотрите метрики не только средние — по сегментам SKU, сменам, освещению. Иначе «средний success» маскирует системный перекос.

Найм и допуск к teleop

Критерии допуска — навык и сертификация, не «удобный» профиль. Интерфейс не должен требовать избыточной мелкой моторики без альтернативы. Документируйте разумные адаптации.

Данные и вторичные выводы

Запретите фичи, которые сортируют людей по прокси-признакам без нужды. Access control — ролевой, с аудитом.

Практика

Чеклист доступности ячейки и UI; регресс perception на локальном разнообразии людей/одежды; сегментные метрики; канал жалоб смены без наказания. В пилоте — один проход с ОТ и представителем смены по доступности до canary.

Граница ответственности в пилоте «12. Доступность и недискриминация»

Фиксируйте наблюдаемое поведение по «12. Доступность и недискриминация» в терминах сайта (смена, SKU, конфиг), пункт доработки 1.

Журнал, без которого споры бессмысленны

Фиксируйте наблюдаемое поведение по «12. Доступность и недискриминация» в терминах сайта (смена, SKU, конфиг), пункт доработки 2.

Что сказать смене без юридического тумана

Фиксируйте наблюдаемое поведение по «12. Доступность и недискриминация» в терминах сайта (смена, SKU, конфиг), пункт доработки 3.

Связь с OT и safety-каналом

Фиксируйте наблюдаемое поведение по «12. Доступность и недискриминация» в терминах сайта (смена, SKU, конфиг), пункт доработки 4.

Метрики, которые не маскируют риск

Success rate без near miss и без teleop share врёт. Для тем вокруг «12. Доступность и недискриминация» на дашборд спонсора добавляйте: число инцидентов с разбором, срок закрытия действий, долю эпизодов с полной комплектацией, факты отказа в доступе к данным по запросу. Green KPI при дырявых логах — красный флаг для комплаенса.

Фиксируйте наблюдаемое поведение по «12. Доступность и недискриминация» в терминах сайта (смена, SKU, конфиг), пункт доработки 5.

Второй сайт и перенос обязательств

Фиксируйте наблюдаемое поведение по «12. Доступность и недискриминация» в терминах сайта (смена, SKU, конфиг), пункт доработки 6.

Чеклист перед canary

Фиксируйте наблюдаемое поведение по «12. Доступность и недискриминация» в терминах сайта (смена, SKU, конфиг), пункт доработки 8.

Практика недели

Фиксируйте наблюдаемое поведение по «12. Доступность и недискриминация» в терминах сайта (смена, SKU, конфиг), пункт доработки 9.

Закупка и дисквалификаторы

В тендер по теме «12. Доступность и недискриминация» внесите дисквалификаторы: нет архитектуры safety, нет offline, нет data rights, нет rollback, нет журнала вмешательств, нет референса на сопоставимый режим. Цена ниже рынка при отсутствии этих пунктов обычно означает перенос риска на вас молча.

Фиксируйте наблюдаемое поведение по «12. Доступность и недискриминация» в терминах сайта (смена, SKU, конфиг), пункт доработки 10.

Граница ответственности в пилоте «12. Доступность и недискриминация»

Фиксируйте наблюдаемое поведение по «12. Доступность и недискриминация» в терминах сайта (смена, SKU, конфиг), пункт доработки 11.

Журнал, без которого споры бессмысленны

Фиксируйте наблюдаемое поведение по «12. Доступность и недискриминация» в терминах сайта (смена, SKU, конфиг), пункт доработки 12.

Что сказать смене без юридического тумана

Фиксируйте наблюдаемое поведение по «12. Доступность и недискриминация» в терминах сайта (смена, SKU, конфиг), пункт доработки 13.

Связь с OT и safety-каналом

Фиксируйте наблюдаемое поведение по «12. Доступность и недискриминация» в терминах сайта (смена, SKU, конфиг), пункт доработки 14.

Метрики, которые не маскируют риск

Success rate без near miss и без teleop share врёт. Для тем вокруг «12. Доступность и недискриминация» на дашборд спонсора добавляйте: число инцидентов с разбором, срок закрытия действий, долю эпизодов с полной комплектацией, факты отказа в доступе к данным по запросу. Green KPI при дырявых логах — красный флаг для комплаенса.

Фиксируйте наблюдаемое поведение по «12. Доступность и недискриминация» в терминах сайта (смена, SKU, конфиг), пункт доработки 15.

Второй сайт и перенос обязательств

Фиксируйте наблюдаемое поведение по «12. Доступность и недискриминация» в терминах сайта (смена, SKU, конфиг), пункт доработки 16.

Чеклист перед canary

Фиксируйте наблюдаемое поведение по «12. Доступность и недискриминация» в терминах сайта (смена, SKU, конфиг), пункт доработки 18.

Практика недели

Фиксируйте наблюдаемое поведение по «12. Доступность и недискриминация» в терминах сайта (смена, SKU, конфиг), пункт доработки 19.

Закупка и дисквалификаторы

В тендер по теме «12. Доступность и недискриминация» внесите дисквалификаторы: нет архитектуры safety, нет offline, нет data rights, нет rollback, нет журнала вмешательств, нет референса на сопоставимый режим. Цена ниже рынка при отсутствии этих пунктов обычно означает перенос риска на вас молча.

Фиксируйте наблюдаемое поведение по «12. Доступность и недискриминация» в терминах сайта (смена, SKU, конфиг), пункт доработки 20.

Граница ответственности в пилоте «12. Доступность и недискриминация»

Фиксируйте наблюдаемое поведение по «12. Доступность и недискриминация» в терминах сайта (смена, SKU, конфиг), пункт доработки 21.

Журнал, без которого споры бессмысленны

Фиксируйте наблюдаемое поведение по «12. Доступность и недискриминация» в терминах сайта (смена, SKU, конфиг), пункт доработки 22.

Что сказать смене без юридического тумана

Фиксируйте наблюдаемое поведение по «12. Доступность и недискриминация» в терминах сайта (смена, SKU, кон-

фиг), пункт доработки 23.

Связь с OT и safety-каналом

Фиксируйте наблюдаемое поведение по «12. Доступность и недискриминация» в терминах сайта (смена, SKU, конфиг), пункт доработки 24.

Метрики, которые не маскируют риск

Success rate без near miss и без teleop share врёт. Для тем вокруг «12. Доступность и недискриминация» на дашборд спонсора добавляйте: число инцидентов с разбором, срок закрытия действий, долю эпизодов с полной комплектацией, факты отказа в доступе к данным по запросу. Green KPI при дырявых логах — красный флаг для комплаенса.

Фиксируйте наблюдаемое поведение по «12. Доступность и недискриминация» в терминах сайта (смена, SKU, конфиг), пункт доработки 25.

Второй сайт и перенос обязательств

Фиксируйте наблюдаемое поведение по «12. Доступность и недискриминация» в терминах сайта (смена, SKU, конфиг), пункт доработки 26.

Чеклист перед canary

Фиксируйте наблюдаемое поведение по «12. Доступность и недискриминация» в терминах сайта (смена, SKU, конфиг), пункт доработки 28.

Практика недели

Фиксируйте наблюдаемое поведение по «12. Доступность и недискриминация» в терминах сайта (смена, SKU, кон-

фиг), пункт доработки 29.

Закупка и дисквалификаторы

В тендер по теме «12. Доступность и недискриминация» внесите дисквалификаторы: нет архитектуры safety, нет offline, нет data rights, нет rollback, нет журнала вмешательств, нет референса на сопоставимый режим. Цена ниже рынка при отсутствии этих пунктов обычно означает перенос риска на вас молча.

Фиксируйте наблюдаемое поведение по «12. Доступность и недискриминация» в терминах сайта (смена, SKU, конфиг), пункт доработки 30.

Физическая доступность ячейки

Проходы, высота E-stop, читаемость индикаторов при разном росте, возможность работать в СИЗ, отсутствие единственного жеста, доступного не всем. Проход с ОТ и представителем смены с чеклистом — дешёвый тест до canary.

Язык и грамотность интерфейса

Смены с разными языками: иконки + короткие фразы, не романы. Обучение с переводчиком/локализованными роликами. Ошибки UI из-за языка выглядят как «оператор виноват», а виноват дизайн.

Регресс perception людей

Набор клипов: разные рост/поза/СИЗ/тележки/кресла если релевантно сайту. Метрика miss-person критична. Не усредняйте её с детектором коробок.

Премии и справедливость

Если KPI смены завязаны на success робота, а робот систематически хуже на зоне одной бригады из-за освещения — вы наказаете людей за среду. Компенсируйте сегментацией и ремонтом среды, не давлением на бригаду.

Жалобы

Канал без цепочки «через бригадира, который против робота». Анонимность по возможности. Разбор с владельцем карты ограничений. Игнор жалоб = рост тихого сопротивления и «случайных» простоев.

Продуктовый принцип

Доступность — часть safety и adoption. Не отдельный «социальный» раздел в конце питча, а требования в FAT/SAT: E-stop достижим, алерты дублируются, miss-person в допуске на локальном наборе.

На дашборде спонсора рядом с success держите near miss, teleop share и долю полных эпизодов — иначе ответственность и privacy остаются словами. Контрольный пункт 1 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Change control среды обязателен: сдвиг стеллажа, новое освещение, новый SKU пересматривают карту ограничений и временно замораживают KPI автономии. Контрольный пункт 2 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Remote triage без пакета логов увеличивает и юридический, и сервисный риск: field приезжает поздно и без фактов. Контрольный пункт 3 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Canary на

двух ячейках с разными сменами ловит больше процессных дыр, чем canary на одной «удобной» линии. Контрольный пункт 4 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Out-of-scope список должен висеть на ячейке в коротком виде; споры про ответственность часто рождаются из серого хвоста SKU. Контрольный пункт 5 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. OTA в регулируемом контуре проходит оценку влияния: что меняется в поведении, какой rollback, кто дежурит. Контрольный пункт 6 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Обучение смены обновляют тем же релизом, что и политику отказа; иначе люди действуют по старой памяти. Контрольный пункт 7 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Аудит доступов к raw video делают ежеквартально; уволенные интеграторы не должны жить в VPN вечно. Контрольный пункт 8 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Страховой андеррайтинг упрощается, если есть near-miss журнал и архитектурный разрез safety/ML. Контрольный пункт 9 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Запрет mute safety-мониторов пишут и в runbook, и в договор; нарушения — отдельный класс инцидента. Контрольный пункт 10 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Для биометрии нужна отдельная таблица сигналов; отсутствие строки означает запрет сигнала в проде. Контрольный пункт 11 по теме

главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Secondary use данных для обучения вендора не выводят из «уведомления о работе линии» без явного слоя согласия/договора. Контрольный пункт 12 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Сегментные метрики по SKU и сменам выявляют скрытую несправедливость средних KPI. Контрольный пункт 13 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. RACI на топкоды отказа прилагают к альянс-договору, чтобы вред не тонул в перекидывании вины. Контрольный пункт 14 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Premature scaling ломает комплаенс так же, как метрики: второй сайт требует заново прозрачность, обучение и map ограничений. Контрольный пункт 15 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. На дашборде спонсора рядом с success держите near miss, teleop share и долю полных эпизодов — иначе ответственность и privacy остаются словами. Контрольный пункт 16 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Change control среды обязателен: сдвиг стеллажа, новое освещение, новый SKU пересматривают карту ограничений и временно замораживают KPI автономии. Контрольный пункт 17 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Remote triage без пакета логов увеличивает и юридический, и сервисный риск: field приезжает поздно и без фактов. Контрольный пункт 18 по теме главы: проверяйте на конкрет-

ной ячейке, не в абстракции. Canary на двух ячейках с разными сменами ловит больше процессных дыр, чем canary на одной «удобной» линии. Контрольный пункт 19 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Out-of-scope список должен висеть на ячейке в коротком виде; споры про ответственность часто рождаются из серого хвоста SKU. Контрольный пункт 20 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. OTA в регулируемом контуре проходит оценку влияния: что меняется в поведении, какой rollback, кто дежурит. Контрольный пункт 21 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Обучение смены обновляют тем же релизом, что и политику отказа; иначе люди действуют по старой памяти. Контрольный пункт 22 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Аудит доступов к raw video делают ежеквартально; уволенные интеграторы не должны жить в VPN вечно. Контрольный пункт 23 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Страховой андеррайтинг упрощается, если есть near-miss журнал и архитектурный разрез safety/ML. Контрольный пункт 24 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Запрет mute safety-мониторов пишут и в runbook, и в договор; нарушения — отдельный класс инцидента. Контрольный пункт 25 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Для биометрии нужна отдельная таблица сигналов; отсутствие строки озна-

чает запрет сигнала в проде. Контрольный пункт 26 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Secondary use данных для обучения вендора не выводят из «уведомления о работе линии» без явного слоя согласия/договора. Контрольный пункт 27 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Сегментные метрики по SKU и сменам выявляют скрытую несправедливость средних KPI. Контрольный пункт 28 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. RACI на топкоды отказа прилагают к альянс-договору, чтобы вред не тонул в перекидывании вины. Контрольный пункт 29 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Premature scaling ломает комплаенс так же, как метрики: второй сайт требует заново прозрачность, обучение и map ограничений. Контрольный пункт 30 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. На дашборде спонсора рядом с success держите near miss, teleop share и долю полных эпизодов — иначе ответственность и privacy остаются словами. Контрольный пункт 31 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Change control среды обязателен: сдвиг стеллажа, новое освещение, новый SKU пересматривают карту ограничений и временно замораживают KPI автономии. Контрольный пункт 32 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Remote triage без пакета логов увеличивает и юридический, и сервисный риск: field приезжает поздно и без фактов. Кон-

трольный пункт 33 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Canary на двух ячейках с разными сменами ловит больше процессных дыр, чем canary на одной «удобной» линии. Контрольный пункт 34 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Out-of-scope список должен висеть на ячейке в коротком виде; споры про ответственность часто рождаются из серого хвоста SKU. Контрольный пункт 35 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. OTA в регулируемом контуре проходит оценку влияния: что меняется в поведении, какой rollback, кто дежурит. Контрольный пункт 36 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Обучение смены обновляют тем же релизом, что и политику отказа; иначе люди действуют по старой памяти. Контрольный пункт 37 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Аудит доступов к raw video делают ежеквартально; уволенные интеграторы не должны жить в VPN вечно. Контрольный пункт 38 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Страховой андеррайтинг упрощается, если есть near-miss журнал и архитектурный разрез safety/ML. Контрольный пункт 39 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Запрет mute safety-мониторов пишут и в runbook, и в договор; нарушения — отдельный класс инцидента. Контрольный пункт 40 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Для биометрии

нужна отдельная таблица сигналов; отсутствие строки означает запрет сигнала в проде. Контрольный пункт 41 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Secondary use данных для обучения вендора не выводят из «уведомления о работе линии» без явного слоя согласия/договора. Контрольный пункт 42 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Сегментные метрики по SKU и сменам выявляют скрытую несправедливость средних KPI. Контрольный пункт 43 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. RACI на топкоды отказа прилагают к альянс-договору, чтобы вред не тонул в перекидывании вины. Контрольный пункт 44 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Premature scaling ломает комплаенс так же, как метрики: второй сайт требует заново прозрачность, обучение и map ограничений. Контрольный пункт 45 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. На дашборде спонсора рядом с success держите near miss, teleop share и долю полных эпизодов — иначе ответственность и privacy остаются словами. Контрольный пункт 46 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Change control среды обязателен: сдвиг стеллажа, новое освещение, новый SKU пересматривают карту ограничений и временно замораживают KPI автономии. Контрольный пункт 47 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Remote triage без пакета логов увеличивает и юридический,

и сервисный риск: field приезжает поздно и без фактов. Контрольный пункт 48 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Canary на двух ячейках с разными сменами ловит больше процессных дыр, чем canary на одной «удобной» линии. Контрольный пункт 49 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Out-of-scope список должен висеть на ячейке в коротком виде; споры про ответственность часто рождаются из серого хвоста SKU. Контрольный пункт 50 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. OTA в регулируемом контуре проходит оценку влияния: что меняется в поведении, какой rollback, кто дежурит. Контрольный пункт 51 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Обучение смены обновляют тем же релизом, что и политику отказа; иначе люди действуют по старой памяти. Контрольный пункт 52 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Аудит доступов к raw video делают ежеквартально; уволенные интеграторы не должны жить в VPN вечно. Контрольный пункт 53 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Страховой андеррайтинг упрощается, если есть near-miss журнал и архитектурный разрез safety/ML. Контрольный пункт 54 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Запрет mute safety-мониторов пишут и в runbook, и в договор; нарушения — отдельный класс инцидента. Контрольный пункт 55 по теме главы: проверяй-

те на конкретной ячейке, не в абстракции. Для биометрии нужна отдельная таблица сигналов; отсутствие строки означает запрет сигнала в проде. Контрольный пункт 56 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Secondary use данных для обучения вендора не выводят из «уведомления о работе линии» без явного слоя согласия/договора. Контрольный пункт 57 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Сегментные метрики по SKU и сменам выявляют скрытую несправедливость средних KPI. Контрольный пункт 58 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. RACI на топкоды отказа прилагают к альянс-договору, чтобы вред не тонул в перекидывании вины. Контрольный пункт 59 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Premature scaling ломает комплаенс так же, как метрики: второй сайт требует заново прозрачность, обучение и map ограничений. Контрольный пункт 60 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. На дашборде спонсора рядом с success держите near miss, teleop share и долю полных эпизодов — иначе ответственность и privacy остаются словами. Контрольный пункт 61 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Change control среды обязателен: сдвиг стеллажа, новое освещение, новый SKU пересматривают карту ограничений и временно замораживают KPI автономии. Контрольный пункт 62 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции.

Remote triage без пакета логов увеличивает и юридический, и сервисный риск: field приезжает поздно и без фактов. Контрольный пункт 63 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Canary на двух ячейках с разными сменами ловит больше процессных дыр, чем canary на одной «удобной» линии. Контрольный пункт 64 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Out-of-scope список должен висеть на ячейке в коротком виде; споры про ответственность часто рождаются из серого хвоста SKU. Контрольный пункт 65 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. OTA в регулируемом контуре проходит оценку влияния: что меняется в поведении, какой rollback, кто дежурит. Контрольный пункт 66 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции. Обучение смены обновляют тем же релизом, что и политику отказа; иначе люди действуют по старой памяти. Контрольный пункт 67 по теме главы: проверяйте на конкретной ячейке, не в абстракции.

13. Авторство данных и моделей

В Physical AI спор про IP редко звучит как «кто написал код». Чаще: кто владеет эпизодами линии, кто имеет право дообучать политику, что происходит с весами при расторжении RaaS, можно ли унести fine-tune на другой манипулятор. Путаница здесь останавливает расширение парка сильнее, чем средний abort.

Слои активов

Сырые эпизоды (video/state), разметка и QC-теги, симулированные траектории, предобученные веса, дообученные политики домена, конфиги ячейки и карта ограничений, playbook сервиса, IDL/драйверы. У каждого слоя свой режим прав. Сваливать всё в фразу «наши AI models» в договоре — гарантированный конфликт через год.

Эпизоды заказчика

По умолчанию данные линии принадлежат заказчику. Вендор получает лицензию на использование для поддержки и улучшения сервиса в объёме договора — часто обезличенно и с запретом marketing. Редкий хвост SKU и ночные сбои — предмет торга, не «автоматический вклад в foundation». Право аудита выгрузок и purpose-теги на датасетах обязательны.

Веса и fine-tune

Foundation weights могут оставаться у вендора. Fine-tune

на данных заказчика — серая зона: одни контракты оставляют его заказчику при exit, другие — вендору с правом обслуживания только этого клиента. Зафиксируйте: формат экспорта, зависимость от закрытого runtime, можно ли прогнать политику offline после ухода. Без export path RaaS превращается в заложничество.

Open source и драйверы

Открытые драйверы и IDL снижают lock-in и ускоряют интеграторов. Закрытые доменные веса нормальны, если exit и поддержка честны. Due diligence: лицензии разметки, синтетики, чужих датасетов — коммерческое использование и дообучение должны быть явными.

Совместная разработка с интегратором

Кто владеет адаптацией, сделанной интегратором на сайте? Если форк не возвращён upstream, через два года у вас зоопарк. Договор: что уходит в core product, что остаётся site-specific, как лицензируется.

Практика

Таблица активов × владелец × лицензия × срок × export. Нет строки — нет актива в сделке. На пилоте таблица короче, но не нулевая.

Фокус этой главы (U0145)

Разбор «13. Авторство данных и моделей» держится на фасете near miss с человеком. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0145 первичная гипотеза — near miss с человеком. Проверка: сравнить stockout_hours и p95_latency_ms до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0145_LATENCY_BUDGET — owner OT, secondary ML

— U0145_SENSOR_AGE — owner integration, secondary vendor field

— U0145_FORCE_MUTE — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— stockout_hours — часы простоя из-за spare; порог-кандидатоперации: 9 (уточняется на FAT ячейки U0145).

— p95_latency_ms — p95 hot path; порог-кандидатоперации: 9 (уточняется на FAT ячейки U0145).

— support_h_cell — часы поддержки / ячейка / неделя; порог-кандидатоперации: 9 (уточняется на FAT ячейки U0145).

— near_miss — near miss / 1000 циклов; порог-кандидатоперации: 44 (уточняется на FAT ячейки U0145).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0145 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «near miss с че-

ловеком» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, stockout_hours, support_h_cell, teleop_flag.

4. Если p95_latency_ms хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0145 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про near miss с человеком

— [ ] Коды U0145_LATENCY_BUDGET, U0145_SENSOR_AGE в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает stockout_hours и p95_latency_ms

— [ ] Тест отказа U0145 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «13. Авторство данных и моделей».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0145 роликом demo-day.

Короткий вывод

«13. Авторство данных и моделей» закрывается, когда фасет near miss с человеком измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0145 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

14. Dual-use границы

Манипулятор, навигация, perception и teleop одинаково полезны на складе и в сценариях, которые вы не хотите поддерживать. Dual-use — не абстрактная этика, а продуктовые границы: что не продаёте, что не документируете как capability, какие API режете, какие рынки закрыты.

Что считать границей

Оружейные и силовые применения, скрытое наблюдение за людьми вне заявленного industrial use, обход safety-каналов, автономное перемещение в публичной зоне безintended design, помощь в обходе экспортных ограничений. Список должен быть письменным и попадать в sales playbook, иначе BD продаст «интересный кейс».

Технические контролы

Не отдавать клиентский API для отключения safety watchdog. Не поставлять прошивки без подписи. Логировать попытки mute защит. Ограничивать teleop-каналы аутентификацией и политикой юрисдикций. Это не «недоверие клиенту» — это сохранение intended use.

Исследовательские партнёрства

Университетский грант с широким ТЗ легко уезжает в сторону. В договоре: intended use, запрет secondary weaponization, право прекратить поддержку. Публикации — без инструкций обхода ваших safety контролей.

Red flags в сделке

Просьбы убрать логирование, поставить в нестандартную юрисдикцию без transparent end-user, купить только teleop без safety package, получить raw weights без runtime ограничений «для своих экспериментов» без DPA. Такие сделки дороже отказа.

Практика

Одностраничный dual-use policy для sales/engineering. Эскалация на counsel при сомнении. Ежегодный пересмотр списка запрещённых вертикалей. Отказ фиксируется как победа risk management, не как провал квоты.

Фокус этой главы (U0146)

Разбор «14. Dual-use границы» держится на фасете shared GPU contention. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0146 первичная гипотеза — shared GPU contention. Проверка: сравнить p95_latency_ms и incomplete_ep до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0146_PERCEPTION_GLARE — owner OT, secondary ML

— U0146_TF_DRIFT — owner integration, secondary

vendor field

— U0146_TELEOP_HIDDEN — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— p95_latency_ms — p95 hot path; порог-кандидатоперации: 29 (уточняется на FAT ячейки U0146).

— incomplete_ep — доля эпизодов без обязательных полей; порог-кандидатоперации: 43 (уточняется на FAT ячейки U0146).

— stockout_hours — часы простоя из-за spare; порог-кандидатоперации: 29 (уточняется на FAT ячейки U0146).

— mtt_truth_min — минуты до полного пакета логов; порог-кандидатоперации: 43 (уточняется на FAT ячейки U0146).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0146 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «shared GPU contention» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, p95_latency_ms, stockout_hours, teleop_flag.

4. Если incomplete_ep хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0146 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про shared GPU

contention

— [ ] Коды U0146_PERCEPTION_GLARE, U0146_TF_DRIFT в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает p95_latency_ms и incomplete_ep

— [ ] Тест отказа U0146 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «14. Dual-use границы».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0146 роликом demo-day.

Короткий вывод

«14. Dual-use границы» закрывается, когда фасет shared GPU contention измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0146 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

15. Экспортный контроль и санкционные риски

Вычислители, некоторые сенсоры, шифрование каналов teleop, ПО для автономной навигации — всё это может попадать под экспортные режимы. Physical AI компания, которая думает только про BOM стоимость, обнаруживает блок на отгрузке или на cloud-доступе remote triage.

Карта рисков

Классифицируйте: железо (GPU/ускорители, спецсенсоры), ПО (автономия, шифрование), данные, услуги remote. Для каждой сделки — end-user, end-use, destination. Screening контрагентов до демо с доступом к системе, не после.

Cloud и remote

Если инженеры из одной страны дежурят на ячейке в другой, это может быть regulated service. Архитектурно иногда проще держать ключи и raw on-prem, а remote — через жесткий jump host с аудитом. «Всем VPN» без screening — дыра.

Смена BOM

Alternate GPU «потому что дешевле» может изменить экспортный статус. Перед сменой поставщика — check, не только регресс perception. Закупка и compliance сидят за одним столом.

Санкционные списки

Обновляемые списки юрлиц и персон. Отказ автоматизировать «на глаз». Документируйте decision log. Попытка обойти через интегратора-прокладку — риск для всех сторон.

Практика

Чеклист pre-shipment: classification hints, end-user statement, screening date, license need yes/no. Обучение sales: когда эскалировать. Без этого GTM в новые страны — лотерея.

Фокус этой главы (U0147)

Разбор «15. Экспортный контроль и санкционные риски» держится на фасете вибрация крепления. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0147 первичная гипотеза — вибрация крепления. Проверка: сравнить support_h_cell и mtt_truth_min до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0147_WMS_DUP_CMD — owner OT, secondary ML

— U0147_PRIVACY_RAW — owner integration, secondary vendor field

— U0147_SPARE_STOCKOUT — owner safety/

compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— support_h_cell — часы поддержки / ячейка / неделя; порог-кандидатоперации: 10 (уточняется на FAT ячейки U0147).

— mtt_truth_min — минуты до полного пакета логов; порог-кандидатоперации: 23 (уточняется на FAT ячейки U0147).

— calib_drift_px — drift target board, px; порог-кандидатоперации: 10 (уточняется на FAT ячейки U0147).

— age_p95_ms — p95 age сенсора в политике; порог-кандидатоперации: 22 (уточняется на FAT ячейки U0147).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0147 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «вибрация крепления» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, support_h_cell, calib_drift_px, teleop_flag.

4. Если mtt_truth_min хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0147 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про вибрация крепления

— [ ] Коды U0147_WMS_DUP_CMD, U0147_PRIVACY_RAW в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает support_h_cell и mtt_truth_min

— [ ] Тест отказа U0147 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «15. Экспортный контроль и санкционные риски».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0147 роликом demo-day.

Короткий вывод

«15. Экспортный контроль и санкционные риски» закрывается, когда фасет вибрация крепления измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0147 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

16. Международные стандарты

Стандарты не заменяют здравый смысл, но дают общий язык с ОТ, страховщиком и аудитором: оценка риска машины, функциональная безопасность, ИБ, менеджмент данных, иногда — специфические robot standards. Physical AI встраивается в них как система, где ML — часть, а не исключение.

Пол безопасности

Машинная безопасность и stop-функции — пол. Заявите соответствие тем нормам, которые реально применимы к вашей ячейке, и держите evidence: анализ риска, валидация, изменения после инцидентов. ML не отменяет пол.

Процессные стандарты

Управление изменениями, конфигурациями, инцидентами — то, что заставляет OTA и canary быть процессом, а не чатом. Если ISO-подобные процедуры у заказчика уже есть, встраивайтесь, не создавайте параллельную вселенную «AI exceptions».

Данные и ИБ

Стандарты/фреймворки ИБ помогают описать доступы remote, ключи, аудит. Для видео и privacy — отдельные режимы, но стык обязателен: robot security ≠ только антивирус на IPC.

Как не утонуть

Не сертифицируйте «всё». Выберите набор, который тре-

бует заказчик и страховщик в вашем beachhead. Держите матрицу: стандарт → контроль → артефакт → владелец. Пустая матрица хуже отсутствующего сертификата на стене.

Практика

На пилоте — gap assessment на одну страницу. На серии — закрытие критичных gaps. Не обещайте «compliant with all applicable standards» без списка.

Фокус этой главы (U0148)

Разбор «16. Международные стандарты» держится на фасете постмортем пакет. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0148 первичная гипотеза — постмортем пакет. Проверка: сравнить success_night и near_miss до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0148_PERCEPTION_GLARE — owner OT, secondary ML

— U0148_TF_DRIFT — owner integration, secondary vendor field

— U0148_TELEOP_HIDDEN — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— success_night — доля успешных циклов ночью; по-

рог-кандидатоперации: 19 (уточняется на FAT ячейки U0148).

— near_miss — near miss / 1000 циклов; порог-кандидатоперации: 27 (уточняется на FAT ячейки U0148).

— age_p95_ms — p95 age сенсора в политике; порог-кандидатоперации: 15 (уточняется на FAT ячейки U0148).

— incomplete_ep — доля эпизодов без обязательных полей; порог-кандидатоперации: 19 (уточняется на FAT ячейки U0148).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0148 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «постмортем пакет» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, success_night, age_p95_ms, teleop_flag.

4. Если near_miss хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0148 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про постмортем пакет

— [ ] Коды U0148_PERCEPTION_GLARE, U0148_TF_DRIFT в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает success_night и near_miss

— [ ] Тест отказа U0148 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «16. Международные стандарты».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0148 роликом demo-day.

Короткий вывод

«16. Международные стандарты» закрывается, когда фасет постмортем пакет измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0148 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

17. Этика экспериментов с людьми

Пилот на складе с людьми в кадре — уже эксперимент с воздействием на труд, приватность и безопасность. В care/education ставки выше. Нужны правила, близкие по духу к research ethics: информирование, минимизация вреда, право отказаться от secondary use, мониторинг near miss, стоп-критерии.

Когда это «просто внедрение», а когда — исследование

Если вы тестируете гипотезу модели на людях с записью и изменением процесса труда — это исследование операций. Нужны протокол, владелец, критерии остановки (рост near miss, жалобы, скрытый teleop). Не прячьте под «IT change».

Согласие и принуждение

Сотрудник может формально согласиться под давлением KPI. Следите за стимулами: штрафы за abort, премии только за success без учёта среды. Этика здесь совпадает с качеством данных: принуждение портит оба.

Уязвимые группы

Временный персонал, подрядчики, люди с ограниченной возможностью отказаться от зоны записи. Отдельные меры: усиленная прозрачность, запрет secondary use по умолчанию, доступность UI.

Публикации и демо

Ролики с лицами смены — отдельное разрешение. Исследовательские papers не должны раскрывать обход safety. Demo на живых людях — safety briefing как на полевой работе.

Практика

Протокол пилота: цели, риски, стоп-критерии, data flows, контакты эскалации. Review с OT и HR до старта. Журнал отклонений от протокола.

Фокус этой главы (U0149)

Разбор «17. Этика экспериментов с людьми» держится на фасете badge+PIN threat model. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0149 первичная гипотеза — badge+PIN threat model. Проверка: сравнить teleop_share и success_night до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0149_HASH_MISSING — owner OT, secondary ML

— U0149_LATENCY_BUDGET — owner integration, secondary vendor field

— U0149_SENSOR_AGE — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— teleop_share — доля циклов с teleop; порог-кандидатоперации: 36 (уточняется на FAT ячейки U0149).

— success_night — доля успешных циклов ночью; порог-кандидатоперации: 25 (уточняется на FAT ячейки U0149).

— near_miss — near miss / 1000 циклов; порог-кандидатоперации: 29 (уточняется на FAT ячейки U0149).

— age_p95_ms — p95 age сенсора в политике; порог-кандидатоперации: 18 (уточняется на FAT ячейки U0149).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0149 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «badge+PIN threat model» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, teleop_share, near_miss, teleop_flag.

4. Если success_night хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0149 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про badge+PIN threat model

— [ ] Коды U0149_HASH_MISSING, U0149_LATENCY_BUDGET в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает teleop_share и success_night

— [ ] Тест отказа U0149 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «17. Этика экспериментов с людьми».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0149 роликом demo-day.

Короткий вывод

«17. Этика экспериментов с людьми» закрывается, когда фасет badge+PIN threat model измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0149 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

18. Экологический след

Physical AI жрёт энергию на инференс у края, на обучение в облаке, на простой нагретых систем, на логистику запчастей и на брак циклов. Экология здесь не про зелёный слайд, а про стоимость владения и устойчивость площадки: kWh на successful cycle, охлаждение IPC, замена сенсоров, утилизация АКБ мобильных баз.

Метрики

Считайте энергию ячейки и долю ретраев/abort. Политика, которая «чуть точнее», но удваивает цикл и нагрев, может быть хуже для среды и для OPEX. Idle политики: гасить лишние сенсоры и GPU в паузах, если safety позволяет.

Обучение vs edge

Тяжёлые train-прогоны переносите на зелёный график ЦОД если есть выбор; на сайте держите дистиллированные модели. Не каждая метрика accuracy стоит полного переобучения каждую неделю — иногда хватает калибровки и данных QC.

Железо и lifecycle

Долговечность tool tip, ремонтопригодность, alternate без выброшенного парка камер, EOL-план. Выбросить поколение роботов из-за закрытого софта — экологический и финансовый удар.

Логистика сервиса

Ложные выезды field умножают углеродный след. Remote triage с полным пакетом логов — экологическая мера так же, как сервисная.

Практика

В unit economics добавьте kWh/cycle и damage waste. В закупке IPC — энергопрофиль. В OTA — не раздувать модель без измеримого выигрыша success/teleop.

Фокус этой главы (U0150)

Разбор «18. Экологический след» держится на фасете карта ограничений. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0150 первичная гипотеза — карта ограничений. Проверка: сравнить p95_latency_ms и near_miss до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0150_SPARE_STOCKOUT — owner OT, secondary ML

— U0150_PERCEPTION_GLARE — owner integration, secondary vendor field

— U0150_TF_DRIFT — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— p95_latency_ms — p95 hot path; порог-кандидатопера-

ции: 34 (уточняется на FAT ячейки U0150).

— near_miss — near miss / 1000 циклов; порог-кандидатоперации: 44 (уточняется на FAT ячейки U0150).

— teleop_share — доля циклов с teleop; порог-кандидатоперации: 14 (уточняется на FAT ячейки U0150).

— incomplete_ep — доля эпизодов без обязательных полей; порог-кандидатоперации: 44 (уточняется на FAT ячейки U0150).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0150 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «карта ограничений» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, p95_latency_ms, teleop_share, teleop_flag.

4. Если near_miss хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0150 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про карта ограничений

— [ ] Коды U0150_SPARE_STOCKOUT, U0150_PERCEPTION_GLARE в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает p95_latency_ms и near_miss

— [ ] Тест отказа U0150 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «18. Экологический след».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0150 роликом demo-day.

Короткий вывод

«18. Экологический след» закрывается, когда фасет карта ограничений измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0150 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

19. Практический кодекс ответственного внедрения

Кодекс без чеклиста — плакат. Ниже — рабочий минимум, который можно повесить на kickoff пилота Physical AI и проверять на stage-gates.

До закупки

Intended use и out-of-scope. Safety/ML разрез. Offline на hot path. Data rights и export. Dual-use и export screening. Референс на класс задач. Дисквалификаторы тендера.

До canary

Карта ограничений сайта. Словарь метрик (success, teleop, near miss, age). Журнал вмешательств. Runbook смены и обучение. Полнота эпизода. RACI отказа. Страховой/ответственностный контур. Запрет mute safety.

Во время пилота

Canary пороги. Еженедельный разбор на одну страницу. Change control среды. Purpose-теги данных. Нет скрытого teleop. Стоп при success↑+teleop↑. Обновление карты после near miss.

Перед масштабом

FAT/SAT воспроизводимы. Сервис и spare lead time. CMDB. Второй сайт — через процедуру, не через copy conf. Regulatory map обновлён. Exit из RaaS понятен.

Запреты

Демо как приёмка ночной смены. OTA без дежурства. Штрафы пилота как у серии. Биометрия без threat model. Облако на critical path. Прятать инциденты ради KPI.

Практика

Каждый пункт — владелец и артефакт. Раз в месяц audit кодекса на одной ячейке. Нарушение пункта = открытый риск в реестре спонсора, не «обсудим позже».

Фокус этой главы (U0151)

Разбор «19. Практический кодекс ответственного внедрения» держится на фасете постмортем пакет. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0151 первичная гипотеза — постмортем пакет. Проверка: сравнить incomplete_ep и support_h_cell до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0151_FORCE_MUTE — owner OT, secondary ML

— U0151_WMS_DUP_CMD — owner integration, secondary vendor field

— U0151_PRIVACY_RAW — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— incomplete_ep — доля эпизодов без обязательных полей; порог-кандидатоперации: 44 (уточняется на FAT ячейки U0151).

— support_h_cell — часы поддержки / ячейка / неделя; порог-кандидатоперации: 35 (уточняется на FAT ячейки U0151).

— near_miss — near miss / 1000 циклов; порог-кандидатоперации: 40 (уточняется на FAT ячейки U0151).

— teleop_share — доля циклов с teleop; порог-кандидатоперации: 13 (уточняется на FAT ячейки U0151).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0151 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «постмортем пакет» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, incomplete_ep, near_miss, teleop_flag.

4. Если support_h_cell хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0151 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про постмортем пакет

— [ ] Коды U0151_FORCE_MUTE, U0151_WMS_DUP_CMD в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает incomplete_ep и

support_h_cell

— [ ] Тест отказа U0151 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «19. Практический кодекс ответственного внедрения».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0151 роликом demo-day.

Короткий вывод

«19. Практический кодекс ответственного внедрения» закрывается, когда фасет постмортем пакет измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0151 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

5. Reference architecture робота

Reference architecture Physical AI нужна, чтобы спорить о стыках, а не о слайдах. Ниже — рабочий каркас: сенсоры → восприятие и оценка состояния → планирование/политика → контроль и актуаторы → safety supervisor → логирование и телеметрия → человеческий контур (UI/teleop) → интеграция сайта (WMS/MES/OT).

Слои и частоты

Hot path: контроль усилия/траектории, safety, часть perception — жёсткий latency budget, обычно on-edge, без WAN. Warm path: пересчёт плана, выбор skill, обновление локальной карты. Cold path: обучение, аналитика флота, QC датасетов. Смешение путей — главная болезнь «облачного робота».

Шины и контракты

IDL между слоями: явные типы, версии, clock sync, backpressure. Без контрактов каждый разработчик тащит свой JSON «на время». Версия IDL входит в config hash релиза.

Safety supervisor

Независимый канал: стопы, зоны, ограничение скорости/усилия, watchdog heartbeat ML и контроллера. Supervisor имеет право оборвать best-effort политику. Тесты supervisor не заменяют тестами accuracy хвата.

Состояние и память

Оценка состояния: поза, объекты, uncertainty, age сенсоров. Политика должна видеть age; игнорировать age — типичный путь к уверенной ошибке. Карта ограничений — неотъемлемая часть состояния сайта, не wiki-страница.

Человеческий контур

Teleop/supervised UI с индикацией задержки, режима, reason code. Журнал вмешательств. Эскалации. Человек — слой архитектуры, не авария процесса.

Наблюдаемость

Эпизод: state + keyframes + config hash + versions + safety events. Без этого нет сервиса, нет ответственности, нет обучения. Хранение и privacy — часть архитектуры.

Вариации

Манипулятор в ячейке, мобильная база, гуманоид — разные актуаторы, тот же каркас слоёв. Не копируйте блоки ради моды: если нет мобильности, не тащите тяжёлую навигацию «на вырост» в critical path.

Практика

Один рисунок слоёв + таблица latency/ownership. Любая новая фича указывает слой и путь (hot/warm/cold). Нет места на схеме — фича не в релизе.

Фокус этой главы (U0152)

Разбор «5. Reference architecture робота» держится на фасете canary halt. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой

пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0152 первичная гипотеза — canary halt. Проверка: сравнить p95_latency_ms и success_night до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0152_PERCEPTION_GLARE — owner OT, secondary ML

— U0152_TF_DRIFT — owner integration, secondary vendor field

— U0152_TELEOP_HIDDEN — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— p95_latency_ms — p95 hot path; порог-кандидатоперации: 13 (уточняется на FAT ячейки U0152).

— success_night — доля успешных циклов ночью; порог-кандидатоперации: 21 (уточняется на FAT ячейки U0152).

— near_miss — near miss / 1000 циклов; порог-кандидатоперации: 13 (уточняется на FAT ячейки U0152).

— mtt_truth_min — минуты до полного пакета логов; порог-кандидатоперации: 21 (уточняется на FAT ячейки U0152).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0152 и версию карты огра-

ничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «canary halt» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, p95_latency_ms, near_miss, teleop_flag.

4. Если success_night хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0152 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про canary halt

— [ ] Коды U0152_PERCEPTION_GLARE, U0152_TF_DRIFT в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает p95_latency_ms и success_night

— [ ] Тест отказа U0152 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «5. Reference architecture робота».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0152 роликом demo-day.

Короткий вывод

«5. Reference architecture робота» закрывается, когда фасет canary halt измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0152 — самостоятельный evidence

pack, не клон соседнего.

6. Формулировка задачи и acceptance criteria

Провал пилотов Physical AI чаще начинается не с модели, а с формулировки: «сделать робота умнее на приёмке» вместо «за N смен закрыть класс SKU A–C с success ≥ X, teleop ≤ Y, near miss ≤ Z при карте ограничений v1». Acceptance criteria — это договор между OT, product и ML о наблюдаемой реальности на полу.

Из проблемы линии в scope

Соберите: какая операция, какой такт, какие отказы людей сейчас, где травмоопасно/дорого, какие SKU in/out, день/ночь, соседство с людьми. Зафиксируйте out-of-scope списком на стене ячейки. Всё, что «потом добавим», не входит в приёмку.

Метрики приёмки

Минимум: success на цикле в определении заказчика; cycle time p50/p95; teleop share с журналом причин; near miss и safety events; полнота эпизодов; age критичных сенсоров. Accuracy бенчмарка вендора — справочно, не gate. Gate без телеметрии = театр.

Уровни автономии по неделям

Неделя 1–2: shadow или жёстко supervised. Затем canary на узком SKU. Расширение только после порогов. Не пишите в

договор «полная автономия к демо-дню».

Change control

Acceptance заморожен к версии карты ограничений и списку SKU. Сдвиг стеллажа или новое освещение открывает change ticket и может сбросить часы приёмки. Иначе спорят о цифрах с разных планет.

Практика

Один документ: scope, метрики, пороги, длительность, стоп-критерии, владельцы подписей. Без него не стартуйте сборку данных.

Фокус этой главы (U0153)

Разбор «6. Формулировка задачи и acceptance criteria» держится на фасете badge+PIN threat model. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0153 первичная гипотеза — badge+PIN threat model. Проверка: сравнить incomplete_ep и support_h_cell до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0153_WMS_DUP_CMD — owner OT, secondary ML

— U0153_PRIVACY_RAW — owner integration, secondary vendor field

— U0153_SPARE_STOCKOUT — owner safety/

compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— incomplete_ep — доля эпизодов без обязательных полей; порог-кандидатоперации: 31 (уточняется на FAT ячейки U0153).

— support_h_cell — часы поддержки / ячейка / неделя; порог-кандидатоперации: 24 (уточняется на FAT ячейки U0153).

— p95_latency_ms — p95 hot path; порог-кандидатоперации: 24 (уточняется на FAT ячейки U0153).

— near_miss — near miss / 1000 циклов; порог-кандидатоперации: 19 (уточняется на FAT ячейки U0153).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0153 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «badge+PIN threat model» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, incomplete_ep, p95_latency_ms, teleop_flag.

4. Если support_h_cell хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0153 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про badge+PIN threat model

— [ ] Коды U0153_WMS_DUP_CMD, U0153_PRIVACY_RAW в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает incomplete_ep и support_h_cell

— [ ] Тест отказа U0153 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «6. Формулировка задачи и acceptance criteria».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0153 роликом demo-day.

Короткий вывод

«6. Формулировка задачи и acceptance criteria» закрывается, когда фасет badge+PIN threat model измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0153 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

7. Выбор платформы и сенсоров

Платформа — не «какой манипулятор красивее», а связка механика + сенсоры + compute + runtime под задачу и сервис. Ошибка выбора на старте лечится месяцами калибровок и складом не тех запчастей.

От задачи к требованиям

Нужны: рабочая зона, payload, скорость, повторное позиционирование, сила/податливость, мобильность да/нет, IP/EMI среды, бюджет latency на hot path. Сенсоры: достаточно ли RGB-D, нужен ли force/torque, тактильность, отдельный lidar для базы. Не берите «полный гуманоидный набор» на ячейку с тремя SKU.

Камеры и batch

Firmware и модель матрицы влияют на калибровку. Закладывайте партию одного batch для пилота и alternate с тем же пайплайном. Дешёвая камера с плывущей геометрией дороже в field.

Compute

Edge inference с запасом по p95, не по среднему. Теплопакет в шкафу. Возможность прошить golden image. Cloud только cold path.

Runtime

ROS 2 или вендорский стек — смотрите поддержку, IDL, realtime-участки, сертифицированные safety-мосты. Экзоти-

ческий runtime без field-инженеров на рынке — скрытый OPEX.

Критерии выбора

Референс на классе задач. Lead time запчастей. Документация калибровки. Возможность offline. Стоимость dual sourcing. Не побеждает таблица DOF.

Практика

Матрица вариантов × требования × риски сервиса. Пилот на одном железе; второй SKU платформы — только после canary и склада.

Фокус этой главы (U0154)

Разбор «7. Выбор платформы и сенсоров» держится на фасете OTA rollback drill. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0154 первичная гипотеза — OTA rollback drill. Проверка: сравнить mtt_truth_min и near_miss до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0154_PRIVACY_RAW — owner OT, secondary ML

— U0154_SPARE_STOCKOUT — owner integration, secondary vendor field

— U0154_PERCEPTION_GLARE — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— mtt_truth_min — минуты до полного пакета логов; порог-кандидатоперации: 15 (уточняется на FAT ячейки U0154).

— near_miss — near miss / 1000 циклов; порог-кандидатоперации: 39 (уточняется на FAT ячейки U0154).

— p95_latency_ms — p95 hot path; порог-кандидатоперации: 9 (уточняется на FAT ячейки U0154).

— stockout_hours — часы простоя из-за spare; порог-кандидатоперации: 9 (уточняется на FAT ячейки U0154).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0154 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «OTA rollback drill» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, mtt_truth_min, p95_latency_ms, teleop_flag.

4. Если near_miss хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0154 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про OTA rollback drill

— [ ] Коды U0154_PRIVACY_RAW, U0154_SPARE_STOCKOUT в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает mtt_truth_min и near_miss

— [ ] Тест отказа U0154 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «7. Выбор платформы и сенсоров».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0154 роликом demo-day.

Короткий вывод

«7. Выбор платформы и сенсоров» закрывается, когда фасет OTA rollback drill измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0154 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

8. MVP за 90 дней: план работ

90 дней — не «AGI на складе», а узкий MVP: один сайт, узкий SKU, измеримые пороги, сервисный контур, данные с purpose. План работ режет желания BD под физику интеграции.

Разбиение

Дни 1–15: scope/acceptance, карта ограничений v0, safety review, доступ к сети/логам, состав команды. 16–45: монтаж, калибровка, baseline без тяжёлой модели, сбор эпизодов, runbook. 46–75: политика/улучшения на закрытие топ-отказов, shadow/canary. 76–90: приёмка по порогам, обучение смены, решение go/no-go, sundown или перевод в LTS-план.

Что сознательно не делаем

Второй сайт. Полный ассортимент. Биометрию. Облако на hot path. Маркетинговые ролики ценой срыва QC данных. Новые форм-факторы.

Риски графика

Lead time камер, доступ ОТ, смена упаковки заказчиком mid-pilot, болезнь единственного интегратора. Буфер в плане — не «оптимизм × 0.8», а явные зависимости.

Stage-gates внутри 90

Gate A: safety+логи. Gate B: baseline метрики. Gate C: canary пороги. Gate D: приёмка. Оплата/усилие команды

привязаны к gates, не к «модели v3».

Практика

Доска с зависимостями visible OT и ML. Еженедельный отчёт на одну страницу: метрики, блокеры, решение. Нет сюрприза на дне 89.

Фокус этой главы (U0155)

Разбор «8. MVP за 90 дней: план работ» держится на фасете near miss с человеком. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0155 первичная гипотеза — near miss с человеком. Проверка: сравнить success_night и calib_drift_px до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0155_TF_DRIFT — owner OT, secondary ML

— U0155_TELEOP_HIDDEN — owner integration, secondary vendor field

— U0155_HASH_MISSING — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— success_night — доля успешных циклов ночью; порог-кандидатоперации: 11 (уточняется на FAT ячейки U0155).

— calib_drift_px — drift target board, px; порог-кандида-

топерации: 6 (уточняется на FAT ячейки U0155).

— stockout_hours — часы простоя из-за spare; порог-кандидатоперации: 6 (уточняется на FAT ячейки U0155).

— incomplete_ep — доля эпизодов без обязательных полей; порог-кандидатоперации: 11 (уточняется на FAT ячейки U0155).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0155 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «near miss с человеком» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, success_night, stockout_hours, teleop_flag.

4. Если calib_drift_px хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0155 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про near miss с человеком

— [ ] Коды U0155_TF_DRIFT, U0155_TELEOP_HIDDEN в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает success_night и calib_drift_px

— [ ] Тест отказа U0155 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «8. MVP за 90 дней: план работ».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0155 роликом demo-day.

Короткий вывод

«8. MVP за 90 дней: план работ» закрывается, когда фасет near miss с человеком измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0155 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

9. Команда и зоны ответственности

Physical AI команда — гибрид: runtime/control, perception, data/QC, safety/OT, product, field/remote. На пилоте шляпы совмещают; на парке — нельзя оставлять safety «на ML-стажёра».

RACI на отказы

Для топ-кодов: кто детектит, кто чинит, кто коммуницирует смене, кто меняет карту. Одна эскалация для заказчика. Без RACI тикеты гуляют между чатами.

Найм

Редки люди ML+robotics+OT. Вакансии пишите по артефактам: «владелец canary и latency budget», не «passionate about AI». Опасен найм только prompt/LLM без пути в runtime.

Совмещение на пилоте

Допустимо: perception+data. Опасно: safety owner = человек с бонусом за success. Разведите стимулы.

Вендор ↔ заказчик

Владелец карты ограничений — обычно заказчик с помощью вендора. Владелец политики — вендор. Владелец среды — заказчик. Владелец remote — по договору. Зафиксируйте до монтажа.

Практика

Оргсхема на одну страницу + on-call ротация. Cross-семи-

нар ML/OT раз в две недели. Уход ключевого человека — риск в реестре с mitigation.

Фокус этой главы (U0156)

Разбор «9. Команда и зоны ответственности» держится на фасете acceptance criteria. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0156 первичная гипотеза — acceptance criteria. Проверка: сравнить success_night и near_miss до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0156_PERCEPTION_GLARE — owner OT, secondary ML

— U0156_TF_DRIFT — owner integration, secondary vendor field

— U0156_TELEOP_HIDDEN — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— success_night — доля успешных циклов ночью; порог-кандидатоперации: 43 (уточняется на FAT ячейки U0156).

— near_miss — near miss / 1000 циклов; порог-кандидатоперации: 19 (уточняется на FAT ячейки U0156).

— incomplete_ep — доля эпизодов без обязательных по-

лей; порог-кандидатоперации: 43 (уточняется на FAT ячейки U0156).

— teleop_share — доля циклов с teleop; порог-кандидатоперации: 7 (уточняется на FAT ячейки U0156).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0156 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «acceptance criteria» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, success_night, incomplete_ep, teleop_flag.

4. Если near_miss хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0156 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про acceptance criteria

— [ ] Коды U0156_PERCEPTION_GLARE, U0156_TF_DRIFT в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает success_night и near_miss

— [ ] Тест отказа U0156 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «9.

Команда и зоны ответственности».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0156 роликом demo-day.

Короткий вывод

«9. Команда и зоны ответственности» закрывается, когда фасет acceptance criteria измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0156 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

10. Пайплайн данных и экспериментов

Без пайплайна данных Physical AI превращается в коллекцию клипов на диске ноутбука. Нужны: захват эпизода, QC, индексация по конфигу/SKU/отказу, эксперимент с гипотезой, регресс, canary, запись результата.

Эпизод как единица

State + keyframes/video + config hash + versions + teleop tags + safety events. Нет hash — эпизод слабопригоден. TTL raw и purpose-теги с первого дня.

QC

Отбраковка рассинхрона, пустых кадров, ручных хватов без тегов, чужих конфигов. Бюджет QC — часть CAPEX данных, не «потом волонтёры».

Эксперимент

Гипотеза: «закрываем abort типа loss-of-track на тёмном SKU B». Метрики до/после на holdout сайта. Не «обучили новую сеть — в прод». Связь эксперимента с классом отказа обязательна.

Регресс и воспроизводимость

Фиксированные наборы day/night/known-hard. Сиды и версии. Стохастика без лога — враг разбора.

Практика

Каталог датасетов с владельцем. Запрет train без purpose. Дашборд: полнота эпизодов, очередь QC, доля данных out-of-scope.

Фокус этой главы (U0157)

Разбор «10. Пайплайн данных и экспериментов» держится на фасете sim-to-real soft pack. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0157 первичная гипотеза — sim-to-real soft pack. Проверка: сравнить success_night и mtt_truth_min до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0157_PERCEPTION_GLARE — owner OT, secondary ML

— U0157_TF_DRIFT — owner integration, secondary vendor field

— U0157_TELEOP_HIDDEN — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— success_night — доля успешных циклов ночью; порог-кандидатоперации: 6 (уточняется на FAT ячейки U0157).

— mtt_truth_min — минуты до полного пакета логов;

порог-кандидатоперации: 6 (уточняется на FAT ячейки U0157).

— teleop_share — доля циклов с teleop; порог-кандидатоперации: 9 (уточняется на FAT ячейки U0157).

— stockout_hours — часы простоя из-за spare; порог-кандидатоперации: 43 (уточняется на FAT ячейки U0157).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0157 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «sim-to-real soft pack» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, success_night, teleop_share, teleop_flag.

4. Если mtt_truth_min хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0157 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про sim-to-real soft pack

— [ ] Коды U0157_PERCEPTION_GLARE, U0157_TF_DRIFT в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает success_night и mtt_truth_min

— [ ] Тест отказа U0157 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «10. Пайплайн данных и экспериментов».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0157 роликом demo-day.

Короткий вывод

«10. Пайплайн данных и экспериментов» закрывается, когда фасет sim-to-real soft pack измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0157 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

11. Baseline до сложной модели

Сложная модель на сыром процессе маскирует дыры среды и калибровки. Baseline — детерминированные ограничения, классический vision/force где хватает, измеренный teleop, ручные скрипты навыков. Он задаёт пол метрик и честную цену автономии.

Что входит в baseline

Калибровка в допуске. Safety supervisor. Стабильный захват на known-good SKU скриптом/простым детектором. Журнал отказов. Latency измерения. Teleop как измеряемый fallback, не стыд.

Зачем это PM

Если baseline уже даёт 70% нужного эффекта (оценка порядка — зависит от задачи), foundation может быть избыточен для MVP. Если baseline провален из-за света и крепежа камеры — сначала пол и кронштейн, не transformer.

Переход к модели

Модель входит, когда закрывает измеренный класс отказов и проходит регресс, не ломая safety. Сравнение: delta success, delta teleop, delta damage, delta latency. Нет delta — нет выката.

Практика

Неделя baseline в плане 90 дней обязательна. Отчёт baseline подписывает ОТ: среда готова или нет.

Фокус этой главы (U0158)

Разбор «11. Baseline до сложной модели» держится на фасете FAT/SAT числа. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0158 первичная гипотеза — FAT/SAT числа. Проверка: сравнить incomplete_ep и mtt_truth_min до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0158_WMS_DUP_CMD — owner OT, secondary ML

— U0158_PRIVACY_RAW — owner integration, secondary vendor field

— U0158_SPARE_STOCKOUT — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— incomplete_ep — доля эпизодов без обязательных полей; порог-кандидатоперации: 6 (уточняется на FAT ячейки U0158).

— mtt_truth_min — минуты до полного пакета логов; порог-кандидатоперации: 6 (уточняется на FAT ячейки U0158).

— calib_drift_px — drift target board, px; порог-кандидатоперации: 44 (уточняется на FAT ячейки U0158).

— stockout_hours — часы простоя из-за spare; порог-кандидатоперации: 44 (уточняется на FAT ячейки U0158).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0158 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «FAT/SAT числа» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, incomplete_ep, calib_drift_px, teleop_flag.

4. Если mtt_truth_min хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0158 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про FAT/SAT числа

— [ ] Коды U0158_WMS_DUP_CMD, U0158_PRIVACY_RAW в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает incomplete_ep и mtt_truth_min

— [ ] Тест отказа U0158 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «11. Baseline до сложной модели».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0158 роликом demo-day.

Короткий вывод

«11. Baseline до сложной модели» закрывается, когда фасет FAT/SAT числа измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0158 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

12. Контуры управления и интеграция

Политика ML выдаёт setpoint/skill; контроль и приводы исполняют; OT/WMS дают задания; safety режет. Интеграция — стыки с явными контрактами и частотами, а не «робот сам смотрит ERP».

Контуры

Внутренний: joint/Cartesian control, force limits. Средний: skill execution, локальный план. Внешний: очередь заданий WMS/MES, статусы ячейки. Safety — поперечный. Каждый контур с timeout и degraded mode.

Интеграция WMS/MES

События: взять SKU, положить в лоток, ошибка, запрос помощи. Не тащите raw video в ERP. Идемпотентность команд. Часы синхронизации.

PLC/OT сеть

Сегментация, запрет ML-хоста как dual-home без правил. Change control на запись в PLC. Тесты на потерю линка.

Teleop в контуре

Приоритет человека над политикой — явный. Задержка канала в UI. Журнал. Запрет teleop обходить safety.

Практика

Диаграмма контуров с latency budget и владельцем. Инте-

грационный стенд до поля. Контрактные IDL в репозитории, не в переписке.

Фокус этой главы (U0159)

Разбор «12. Контуры управления и интеграция» держится на фасете сегментные метрики смен. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0159 первичная гипотеза — сегментные метрики смен. Проверка: сравнить mtt_truth_min и near_miss до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0159_SPARE_STOCKOUT — owner OT, secondary ML

— U0159_PERCEPTION_GLARE — owner integration, secondary vendor field

— U0159_TF_DRIFT — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— mtt_truth_min — минуты до полного пакета логов; порог-кандидатоперации: 41 (уточняется на FAT ячейки U0159).

— near_miss — near miss / 1000 циклов; порог-кандидатоперации: 5 (уточняется на FAT ячейки U0159).

— support_h_cell — часы поддержки / ячейка / неделя; порог-кандидатоперации: 40 (уточняется на FAT ячейки U0159).

— stockout_hours — часы простоя из-за spare; порог-кандидатоперации: 40 (уточняется на FAT ячейки U0159).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0159 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «сегментные метрики смен» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, mtt_truth_min, support_h_cell, teleop_flag.

4. Если near_miss хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0159 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про сегментные метрики смен

— [ ] Коды U0159_SPARE_STOCKOUT, U0159_PERCEPTION_GLARE в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает mtt_truth_min и near_miss

— [ ] Тест отказа U0159 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «12. Контуры управления и интеграция».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0159 роликом demo-day.

Короткий вывод

«12. Контуры управления и интеграция» закрывается, когда фасет сегментные метрики смен измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0159 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

13. Стенд, полигон и тестовые протоколы

Стенд — место, где отсекают ложь до поля. Полигон — упрощённый сайт. Протоколы — повторяемые шаги с числами. Без них FAT/SAT превращаются в «у нас дома ездило».

Типы стендов

Калибровочный. Perception с эталонами. Динамика/сила. Safety. Интеграционный с mock WMS. Не всё в одном чулане без светового контроля.

Протоколы

Имя, версия, предусловия, шаги, допуски, артефакт отчёта, fail criteria. Cold start. Day/night. Known-good и known-hard SKU. EMI если релевантно. Latency p95. Потеря сенсора. Потеря линка. Rollback образа.

Полигон

Пол, свет, стеллаж «как там», но без риска линии. Не заменяет SAT, снижает сюрпризы.

Люди

Кто имеет право подписать pass. Запрет «почти OK». Связь красного теста с блоком релиза.

Практика

Библиотека протоколов в git. CI на симуляторе + ручной/полуавтоматический прогон на стенде перед canary.

Хранить отчёты рядом с config hash релиза.

Фокус этой главы (U0160)

Разбор «13. Стенд, полигон и тестовые протоколы» держится на фасете dual-use screening. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0160 первичная гипотеза — dual-use screening. Проверка: сравнить mtt_truth_min и support_h_cell до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0160_SPARE_STOCKOUT — owner OT, secondary ML

— U0160_PERCEPTION_GLARE — owner integration, secondary vendor field

— U0160_TF_DRIFT — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— mtt_truth_min — минуты до полного пакета логов; порог-кандидатоперации: 44 (уточняется на FAT ячейки U0160).

— support_h_cell — часы поддержки / ячейка / неделя; порог-кандидатоперации: 44 (уточняется на FAT ячейки U0160).

— p95_latency_ms — p95 hot path; порог-кандидатоперации: 44 (уточняется на FAT ячейки U0160).

— teleop_share — доля циклов с teleop; порог-кандидатоперации: 44 (уточняется на FAT ячейки U0160).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0160 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «dual-use screening» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, mtt_truth_min, p95_latency_ms, teleop_flag.

4. Если support_h_cell хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0160 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про dual-use screening

— [ ] Коды U0160_SPARE_STOCKOUT, U0160_PERCEPTION_GLARE в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает mtt_truth_min и support_h_cell

— [ ] Тест отказа U0160 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «13.

Стенд, полигон и тестовые протоколы».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0160 роликом demo-day.

Короткий вывод

«13. Стенд, полигон и тестовые протоколы» закрывается, когда фасет dual-use screening измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0160 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

14. Сборка демонстрационного сценария

Демо в Physical AI — инструмент продаж и внутренней синхронизации, опасный тем, что его легко принять за готовность линии. Собирайте демо как сценарий с известными границами: один SKU-класс, контролируемый свет, откат на teleop, заранее проговоренные failure modes. Зритель должен уйти с пониманием, что именно показано и что ещё не показано.

Цель демо

Разные цели — разные сценарии. Для спонсора: связь с unit economics и safety. Для OT: поведение при abort и читаемость кодов. Для BD: короткий wow без лжи про ночную смену. Не склеивайте три аудитории в один скрипт ценой скрытого телеопа.

Скрипт и репетиция

Пошаговый скрипт: старт, захват, исключение, восстановление, стоп. Репетиция на том же конфиге, что покажете. Запрет «подкрутить» порог за час до показа без записи в журнал изменений. Если без подкрутки не едет — это не демо, а сигнал к scope.

Честность failure

Встройте управляемый сбой: потеря трека, out-of-matrix

SKU, нажатие стопа. Покажите runbook. Демо, которое никогда не ошибается, учит заказчика не тому.

Данные и запись

Если снимаете ролик — согласия, без лиц смены без разрешения, без обещаний «так будет в проде 24/7». Клип маркируйте как demo conditions.

Практика

Карточка демо: scope, конфиг hash, что out of scope, кто teleop standby, дата. После демо — письменный follow-up без преувеличений.

Фокус этой главы (U0161)

Разбор «14. Сборка демонстрационного сценария» держится на фасете shutter skew. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0161 первичная гипотеза — shutter skew. Проверка: сравнить calib_drift_px и success_night до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0161_HASH_MISSING — owner OT, secondary ML

— U0161_LATENCY_BUDGET — owner integration, secondary vendor field

— U0161_SENSOR_AGE — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— calib_drift_px — drift target board, px; порог-кандидатоперации: 22 (уточняется на FAT ячейки U0161).

— success_night — доля успешных циклов ночью; порог-кандидатоперации: 21 (уточняется на FAT ячейки U0161).

— stockout_hours — часы простоя из-за spare; порог-кандидатоперации: 22 (уточняется на FAT ячейки U0161).

— p95_latency_ms — p95 hot path; порог-кандидатоперации: 22 (уточняется на FAT ячейки U0161).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0161 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «shutter skew» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, calib_drift_px, stockout_hours, teleop_flag.

4. Если success_night хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0161 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про shutter skew

— [ ] Коды U0161_HASH_MISSING, U0161_LATENCY_BUDGET в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает calib_drift_px и success_night

— [ ] Тест отказа U0161 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «14. Сборка демонстрационного сценария».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0161 роликом demo-day.

Короткий вывод

«14. Сборка демонстрационного сценария» закрывается, когда фасет shutter skew измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0161 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

15. Подготовка пилота у заказчика

Пилот ломается о доступы, сеть, свет, ожидания смены и отсутствие владельца карты ограничений. Подготовка — чеклист среды и людей до ввоза железа, не «монтажники приедут разберутся».

За N недель

Согласовать acceptance и out-of-scope. Назначить владельцев с обеих сторон. Проверить питание, пол, ограждения, EMI, Wi-Fi/сегмент OT, места серверов логов. Список SKU in scope с образцами. Окно смен для монтажа без героизма в пик сезона.

Сеть и ИБ

Отдельный сегмент, правила remote, VPN accounts именные, запрет shared password на teleop. Куда пишутся эпизоды. DPA если нужно. Тест loss-of-link.

Люди

Онбординг смены: что пишет камера, когда стоп, кого звать, что не наказывать. Сертификация supervised. Контакт HR если меняются роли.

Карта ограничений v0

Свет, блики, узкие проходы, люди в зоне, ночные отличия. Подпись OT. Без v0 монтаж можно начать, canary — нельзя.

Логистика

Место под буфер запчастей, эталоны perception, носитель

golden image. Куда ставить стенд приёмки.

Практика

Kickoff с OT/ML/ИБ/сервис. Красные флаги = стоп ввоза. Лучше сдвинуть дату, чем монтировать в серую зону.

Фокус этой главы (U0162)

Разбор «15. Подготовка пилота у заказчика» держится на фасете sim-to-real soft pack. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0162 первичная гипотеза — sim-to-real soft pack. Проверка: сравнить near_miss и support_h_cell до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0162_WMS_DUP_CMD — owner OT, secondary ML

— U0162_PRIVACY_RAW — owner integration, secondary vendor field

— U0162_SPARE_STOCKOUT — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— near_miss — near miss / 1000 циклов; порог-кандидатоперации: 20 (уточняется на FAT ячейки U0162).

— support_h_cell — часы поддержки / ячейка / неделя; порог-кандидатоперации: 30 (уточняется на FAT ячейки

U0162).

— incomplete_ep — доля эпизодов без обязательных полей; порог-кандидатоперации: 28 (уточняется на FAT ячейки U0162).

— mtt_truth_min — минуты до полного пакета логов; порог-кандидатоперации: 28 (уточняется на FAT ячейки U0162).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0162 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «sim-to-real soft pack» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, near_miss, incomplete_ep, teleop_flag.

4. Если support_h_cell хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0162 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про sim-to-real soft pack

— [ ] Коды U0162_WMS_DUP_CMD, U0162_PRIVACY_RAW в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает near_miss и support_h_cell

— [ ] Тест отказа U0162 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «15. Подготовка пилота у заказчика».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0162 роликом demo-day.

Короткий вывод

«15. Подготовка пилота у заказчика» закрывается, когда фасет sim-to-real soft pack измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0162 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

16. Мониторинг после запуска

После запуска нужен не «дашборд красивый», а время до правды: что сломалось, насколько свежи сенсоры, сколько teleop, полны ли эпизоды. Мониторинг без runbook — шум. Runbook без мониторов — легенды на совещании.

Сигналы

Latency p95 hot path. Age камер/IMU. Abort rate по кодам. Teleop share и причины. Near miss. Полнота эпизодов. Stockout critical spare. Расхождение config hash с CMDB. Версия карты ограничений.

Алертинг

Severity: safety/полный стоп — page; деградация age — ticket в смену; редкий abort — агрегат. Ночью не будить за non-safety. Mute мониторов запрещён политикой.

Ритуал недели

30 минут: top-3 abort, teleop, near miss, открытые действия, просрочки QC данных. Одна страница спонсору. Если success зелёный, а teleop ползёт — тема номер один.

Связь с OTA

Canary смотрит те же сигналы. Выкат без базовой линии мониторов — слепой.

Практика

CMDB + дашборд + on-call + пороги canary из одних определений метрик. Расхождение словарей = первый баг про-

цесса.

Фокус этой главы (U0163)

Разбор «16. Мониторинг после запуска» держится на фасете MVP 90 дней. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0163 первичная гипотеза — MVP 90 дней. Проверка: сравнить stockout_hours и p95_latency_ms до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0163_LATENCY_BUDGET — owner OT, secondary ML

— U0163_SENSOR_AGE — owner integration, secondary vendor field

— U0163_FORCE_MUTE — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— stockout_hours — часы простоя из-за spare; порог-кандидатоперации: 21 (уточняется на FAT ячейки U0163).

— p95_latency_ms — p95 hot path; порог-кандидатоперации: 21 (уточняется на FAT ячейки U0163).

— age_p95_ms — p95 age сенсора в политике; порог-кандидатоперации: 9 (уточняется на FAT ячейки U0163).

— support_h_cell — часы поддержки / ячейка / неде-

ля; порог-кандидатоперации: 21 (уточняется на FAT ячейки U0163).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0163 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «MVP 90 дней» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, stockout_hours, age_p95_ms, teleop_flag.

4. Если p95_latency_ms хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0163 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про MVP 90 дней

— [ ] Коды U0163_LATENCY_BUDGET, U0163_SENSOR_AGE в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает stockout_hours и p95_latency_ms

— [ ] Тест отказа U0163 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «16. Мониторинг после запуска».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0163 роликом demo-day.

Короткий вывод

«16. Мониторинг после запуска» закрывается, когда фасет MVP 90 дней измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0163 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

17. Управление изменениями

В Physical AI меняется сразу многое: среда сайта, SKU, софт, веса, крепёж сенсора, люди смены. Change management — единый учёт, иначе «робот стал тупым» после тихой перестановки стеллажа.

Типы изменений

Среда (свет, пол, стеллаж, EMI). Продукт линии (упаковка, WMS правила). Железо/калибровка. Software train и политики. Состав смены и допуск. Каждое — ticket с влиянием на карту ограничений и KPI.

Заморозка KPI

Пока ticket открыт и влияние не оценено, автономийные KPI информационные или на паузе. Иначе спорят о регрессе, которого могло не быть в модели.

OTA как change

Оценка влияния, canary, rollback, обучение смены, запись в CMDB. Крупный релиз ≠ пятничный вечер.

Полевой «быстрый фикс»

Запрет ручного edit боевого конфига без ticket. Временные override с сроком жизни и автоснятием. Иначе зоопарк.

Практика

Один change board на пилоте (короткий). На парке — связь с ITIL/OT change заказчика. Метрика: доля выкатов с ticket и с обновлённой картой.

Фокус этой главы (U0164)

Разбор «17. Управление изменениями» держится на фасете unit economics. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0164 первичная гипотеза — unit economics. Проверка: сравнить stockout_hours и mtt_truth_min до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0164_SENSOR_AGE — owner OT, secondary ML

— U0164_FORCE_MUTE — owner integration, secondary vendor field

— U0164_WMS_DUP_CMD — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— stockout_hours — часы простоя из-за spare; порог-кандидатоперации: 6 (уточняется на FAT ячейки U0164).

— mtt_truth_min — минуты до полного пакета логов; порог-кандидатоперации: 42 (уточняется на FAT ячейки U0164).

— p95_latency_ms — p95 hot path; порог-кандидатоперации: 6 (уточняется на FAT ячейки U0164).

— age_p95_ms — p95 age сенсора в политике; порог-кандидатоперации: 30 (уточняется на FAT ячейки U0164).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0164 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «unit economics» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, stockout_hours, p95_latency_ms, teleop_flag.

4. Если mtt_truth_min хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0164 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про unit economics

— [ ] Коды U0164_SENSOR_AGE, U0164_FORCE_MUTE в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает stockout_hours и mtt_truth_min

— [ ] Тест отказа U0164 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «17. Управление изменениями».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0164 роликом demo-day.

Короткий вывод

«17. Управление изменениями» закрывается, когда фасет unit economics измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0164 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

18. Чеклист готовности к пилоту

Чеклист — проходной билет canary, не приложение к презентации. Ниже минимум; вертикаль добавит своё.

Документы

Acceptance с порогами. Out-of-scope. Intended use. Safety/ML разрез. Data rights. RACI отказов. Страховой/ответственностный контур. Dual-use/export если нужно.

Техника

Калибровка в допуске. Golden image. Логи эпизода полные на стенде. Loss-of-link тест. Safety регресс. Мониторы age/abort/teleop живы. Alternate plan на критичный сенсор.

Люди

Владельцы названы. Смена обучена. Remote дежурство покрывает окна. Запрет mute safety понятен. Канал near miss без наказания.

Сайт

Карта ограничений v0 подписана. Сеть/ИБ. Буфер запчастей. Эталоны. Место под tool change. Ночной свет измерен если ночь в scope.

Данные

Purpose теги. TTL. QC процесс. Запрет train из debug без пересмотра прав.

Gate

Красный пункт = нет canary. Исключения только письмен-

но со спонсором и сроком закрытия. Устные «потом» не считаются.

Фокус этой главы (U0165)

Разбор «18. Чеклист готовности к пилоту» держится на фасете CMDB и BOM drift. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0165 первичная гипотеза — CMDB и BOM drift. Проверка: сравнить mtt_truth_min и calib_drift_px до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0165_PERCEPTION_GLARE — owner OT, secondary ML

— U0165_TF_DRIFT — owner integration, secondary vendor field

— U0165_TELEOP_HIDDEN — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— mtt_truth_min — минуты до полного пакета логов; порог-кандидатоперации: 20 (уточняется на FAT ячейки U0165).

— calib_drift_px — drift target board, px; порог-кандидатоперации: 25 (уточняется на FAT ячейки U0165).

— success_night — доля успешных циклов ночью; по-

рог-кандидатоперации: 20 (уточняется на FAT ячейки U0165).

— stockout_hours — часы простоя из-за spare; порог-кандидатоперации: 25 (уточняется на FAT ячейки U0165).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0165 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «CMDB и BOM drift» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, mtt_truth_min, success_night, teleop_flag.

4. Если calib_drift_px хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0165 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про CMDB и BOM drift

— [ ] Коды U0165_PERCEPTION_GLARE, U0165_TF_DRIFT в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает mtt_truth_min и calib_drift_px

— [ ] Тест отказа U0165 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «18.

Чеклист готовности к пилоту».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0165 роликом demo-day.

Короткий вывод

«18. Чеклист готовности к пилоту» закрывается, когда фасет CMDB и BOM drift измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0165 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

19. Масштабирование от прототипа к флоту

Прототип доказывает возможность. Флот требует воспроизводимости калибровок, сервиса, CMDB, лимита software train и отказа от уникальных «ручных магий». Масштаб без этого — premature scaling.

Что копировать

Процедуру SAT, карту ограничений как процесс, пайплайн данных, canary пороги, складскую модель запчастей, обучение. Не копировать conf-файл и надежду.

Yield и серии

FAT с perception и safety. Alternate сенсоров. ID→BOM→train. Ramp людей на калибровке. Синхрон отгрузки с готовностью remote triage.

Портфельные лимиты

Доля парка на одном поставщике, одном train, одном сайте выручки. Sustaining capacity. Sundown пилотов.

Метрики готовности к N машинам

Полнота эпизодов стабильна. Teleop тренд вниз или плоский при росте success. Lead time spare известен. Время до правды в SLA. Второй сайт прошёл процедуру, не героизм.

Практика

Stage-gate «fleet ready» с подписями сервиса, OT, ML

runtime, finance (unit economics). Без подписи сервиса — нет закупки следующих N корпусов.

Фокус этой главы (U0166)

Разбор «19. Масштабирование от прототипа к флоту» держится на фасете near miss с человеком. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0166 первичная гипотеза — near miss с человеком. Проверка: сравнить mtt_truth_min и incomplete_ep до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0166_PERCEPTION_GLARE — owner OT, secondary ML

— U0166_TF_DRIFT — owner integration, secondary vendor field

— U0166_TELEOP_HIDDEN — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— mtt_truth_min — минуты до полного пакета логов; порог-кандидатоперации: 23 (уточняется на FAT ячейки U0166).

— incomplete_ep — доля эпизодов без обязательных полей; порог-кандидатоперации: 23 (уточняется на FAT ячей-

ки U0166).

— p95_latency_ms — p95 hot path; порог-кандидатоперации: 29 (уточняется на FAT ячейки U0166).

— teleop_share — доля циклов с teleop; порог-кандидатоперации: 17 (уточняется на FAT ячейки U0166).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0166 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «near miss с человеком» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, mtt_truth_min, p95_latency_ms, teleop_flag.

4. Если incomplete_ep хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0166 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про near miss с человеком

— [ ] Коды U0166_PERCEPTION_GLARE, U0166_TF_DRIFT в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает mtt_truth_min и incomplete_ep

— [ ] Тест отказа U0166 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «19. Масштабирование от прототипа к флоту».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0166 роликом demo-day.

Короткий вывод

«19. Масштабирование от прототипа к флоту» закрывается, когда фасет near miss с человеком измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0166 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

5. Сценарии 2026–2030

Прогнозы в робототехнике обычно врут в сроках и недооценивают сервис и данные. Ниже — сценарии как вилки планирования, не как обещания даты гуманоида на каждой кухне. Горизонт 2026–2030 удобен для портфеля R&D и beachhead, если помечать оценки явно.

Сценарий A: узкая автономия сильнее общего агента

Побеждают ячейки с узким SKU, хорошим safety floor и падающим teleop. Гуманоиды остаются в пилотах и демо. Для планировщика: инвестировать в данные домена и сервис, не в общий «мозг на всё».

Сценарий B: платформы runtime и данные как ров

Несколько runtime/экосистем собирают парк; lock-in через конфиги и fine-tune. Покупателю важны exit и open drivers. Оценка: consolidation интеграторов.

Сценарий C: регуляторика и страховка как тормоз/фильтр

Жёстче требования к логам, OTA, ответственности. Выигрывают команды с архитектурой evidence. Медленнее маркетинг, выше качество парка.

Сценарий D: перегрев и откат инвестиций

Часть вендоров режет field, прячет teleop, меняет beachhead каждый квартал. Заказчикам — короткие пилоты

с жёсткими дисквалификаторами и sundown.

Что делать при любой вилке

Карта ограничений, мониторинг teleop, data rights, safety/ML разрез, unit economics чувствительности. Эти практики не зависят от того, «пришёл ли общий физический интеллект».

Практика

В стратегии продукта держите две ставки beachhead и явный kill-criteria. Пересматривайте сценарии раз в полгода по фактам парка, не по ключам с конференций.

Фокус этой главы (U0167)

Разбор «5. Сценарии 2026–2030» держится на фасете постмортем пакет. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0167 первичная гипотеза — постмортем пакет. Проверка: сравнить calib_drift_px и stockout_hours до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0167_TELEOP_HIDDEN — owner OT, secondary ML

— U0167_HASH_MISSING — owner integration, secondary vendor field

— U0167_LATENCY_BUDGET — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— calib_drift_px — drift target board, px; порог-кандидатоперации: 15 (уточняется на FAT ячейки U0167).

— stockout_hours — часы простоя из-за spare; порог-кандидатоперации: 15 (уточняется на FAT ячейки U0167).

— mtt_truth_min — минуты до полного пакета логов; порог-кандидатоперации: 8 (уточняется на FAT ячейки U0167).

— age_p95_ms — p95 age сенсора в политике; порог-кандидатоперации: 27 (уточняется на FAT ячейки U0167).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0167 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «постмортем пакет» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, calib_drift_px, mtt_truth_min, teleop_flag.

4. Если stockout_hours хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0167 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про постмортем пакет

— [ ] Коды U0167_TELEOP_HIDDEN, U0167_HASH_MISSING в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает calib_drift_px и stockout_hours

— [ ] Тест отказа U0167 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «5. Сценарии 2026–2030».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0167 роликом demo-day.

Короткий вывод

«5. Сценарии 2026–2030» закрывается, когда фасет постмортем пакет измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0167 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

6. Модели, которые понимают физику

«Понимание физики» в маркетинге означает что угодно: от симулятора с контактами до end-to-end политики, которая якобы чувствует массу. Инженеру нужно уже: где модель соблюдает ограничения контакта, силы, устойчивости, а где это supervisor и контроллер.

Что реально помогает

Симуляция с доменной рандомизацией под ваши отказы. Оценка uncertainty и age. Модели dynamics для контрольного контура. Политики с явными constraint layers. Не обязательно один гигантский foundation.

Где физика ломается о поле

Sim-to-real gap на трении, деформации упаковки, бликах, люфтах. Без калибровки и карты сайта «физичная» модель уверенно ошибается. Измеряйте residual на эталонах сайта.

Иерархия

Низкоуровневый контроль и safety — детерминированные. Skill/policy — обучение. Планирование — смешанно. Не отдавайте силовые лимиты чистой генерации без watchdog.

Оценка

Кроме success: частота силовых near miss, проскальзыва-

ние, падения, энергия цикла, стабильность при сдвиге массы. Физичность видна в хвостах, не в среднем accuracy.

Практика

Список ограничений, которые модель не имеет права нарушать. Тесты на стенде силы/контакта. В проде — supervisor. Улучшение модели измеряйте по закрытию класса физических отказов, не по размеру чекпоинта.

Фокус этой главы (U0168)

Разбор «6. Модели, которые понимают физику» держится на фасете threat model доступа. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0168 первичная гипотеза — threat model доступа. Проверка: сравнить age_p95_ms и incomplete_ep до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0168_TELEOP_HIDDEN — owner OT, secondary ML

— U0168_HASH_MISSING — owner integration, secondary vendor field

— U0168_LATENCY_BUDGET — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— age_p95_ms — p95 age сенсора в политике; порог-кандидатоперации: 27 (уточняется на FAT ячейки U0168).

— incomplete_ep — доля эпизодов без обязательных полей; порог-кандидатоперации: 11 (уточняется на FAT ячейки U0168).

— calib_drift_px — drift target board, px; порог-кандидатоперации: 19 (уточняется на FAT ячейки U0168).

— near_miss — near miss / 1000 циклов; порог-кандидатоперации: 19 (уточняется на FAT ячейки U0168).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0168 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «threat model доступа» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, age_p95_ms, calib_drift_px, teleop_flag.

4. Если incomplete_ep хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0168 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про threat model доступа

— [ ] Коды U0168_TELEOP_HIDDEN, U0168_HASH_MISSING в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает age_p95_ms и incomplete_ep

— [ ] Тест отказа U0168 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «6. Модели, которые понимают физику».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0168 роликом demo-day.

Короткий вывод

«6. Модели, которые понимают физику» закрывается, когда фасет threat model доступа измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0168 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

7. Дешёвые универсальные платформы

Снижение стоимости манипуляторов, мобильных баз и compute делает соблазн «взять универсальное и обучить» сильнее. Дешевизна BOM не отменяет стоимость данных, калибровки, сервиса и хвоста отказов. Универсальная платформа выигрывает, когда shared tooling реально переносит навыки между задачами; иначе вы купили зоопарк конфигов по цене «одной платформы».

Где дешевизна помогает

Пилоты, образование, внутренние стенды, задачи с низким payload и мягкими требованиями к takt. Быстрый доступ к железу ускоряет обучение команд и сбор эпизодов. Для линии с жёстким SLA дешёвый слэп/люфт в актуаторе дороже экономии на закупке.

Скрытые статьи

Калибровочный стенд, alternate сенсоров, remote triage, склад tool tip, OTA-дисциплина, QC данных. В unit economics дешёвая рука без этих строк выглядит прибыльной до первого месяца поля.

Универсальность vs оснастка

Часто выгоднее дешёвая база + сменный tool и узкая политика, чем одна «рука на всё» с бесконечным fine-tune. Смот-

рите время смены tool и воспроизводимость крепления сенсоров.

Риски рынка

Гонка цен без сервисной сети. Закрытый runtime на «доступном» железе. Обещание universal skills без карты ограничений. Покупайте платформу как систему владения, не как прайс DOF.

Практика

Сравнение TCO на 24 месяца (оценка горизонта): железо, данные, сервис, простой. Пилот на дешёвой платформе допустим; серия — после сервиса и yield калибровки, не после удачного ролика.

Фокус этой главы (U0169)

Разбор «7. Дешёвые универсальные платформы» держится на фасете latency hot path. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0169 первичная гипотеза — latency hot path. Проверка: сравнить success_night и calib_drift_px до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0169_TF_DRIFT — owner OT, secondary ML

— U0169_TELEOP_HIDDEN — owner integration, secondary vendor field

— U0169_HASH_MISSING — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— success_night — доля успешных циклов ночью; порог-кандидатоперации: 33 (уточняется на FAT ячейки U0169).

— calib_drift_px — drift target board, px; порог-кандидатоперации: 42 (уточняется на FAT ячейки U0169).

— stockout_hours — часы простоя из-за spare; порог-кандидатоперации: 42 (уточняется на FAT ячейки U0169).

— incomplete_ep — доля эпизодов без обязательных полей; порог-кандидатоперации: 33 (уточняется на FAT ячейки U0169).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0169 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «latency hot path» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, success_night, stockout_hours, teleop_flag.

4. Если calib_drift_px хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0169 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про latency hot path

— [ ] Коды U0169_TF_DRIFT, U0169_TELEOP_HIDDEN в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает success_night и calib_drift_px

— [ ] Тест отказа U0169 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «7. Дешёвые универсальные платформы».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0169 роликом demo-day.

Короткий вывод

«7. Дешёвые универсальные платформы» закрывается, когда фасет latency hot path измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0169 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

8. Роботы как инфраструктурный слой

Инфраструктурный слой значит: робот Invisible как конвейер или WMS — предсказуемый uptime, понятные интерфейсы, сменные модули, SLA, а не «проект инноваций» каждый квартал. Physical AI дозревает до инфраструктуры, когда политика и сервис перестают быть героизмом.

Признаки инфраструктурности

CMDB и software train под контролем. Canary/OTA как у нормального ПО. Запчасти с lead time. Обучение смены стандартизировано. API к WMS стабилен. Метрики на одной странице. Новый сайт — процедура, не экспедиция.

Что ещё не инфраструктура

Единственный эксперт, который «чувствует» калибровку. Уникальные форки на каждом складе. Скрытый teleop как бизнес-модель. Демо-Driven roadmap.

Организационный сдвиг

От innovation lab к owning team с sustaining budget. BD не обещает фичи без capacity сервиса. Finance видит cost per cycle, не только CAPEX робота.

Интерфейсы

Как у инфраструктуры: версии, deprecation, совместимость tool profiles. Ломающие изменения — с миграцией

карты ограничений и обучением.

Практика

Чеклист «infra ready» перед закупкой следующих N машин. Если teleop и near miss не в SLA-мониторинге — это ещё R&D на полу заказчика.

Фокус этой главы (U0170)

Разбор «8. Роботы как инфраструктурный слой» держится на фасете OTA rollback drill. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0170 первичная гипотеза — OTA rollback drill. Проверка: сравнить support_h_cell и p95_latency_ms до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0170_WMS_DUP_CMD — owner OT, secondary ML

— U0170_PRIVACY_RAW — owner integration, secondary vendor field

— U0170_SPARE_STOCKOUT — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— support_h_cell — часы поддержки / ячейка / неделя; порог-кандидатоперации: 22 (уточняется на FAT ячейки

U0170).

— p95_latency_ms — p95 hot path; порог-кандидатоперации: 22 (уточняется на FAT ячейки U0170).

— teleop_share — доля циклов с teleop; порог-кандидатоперации: 42 (уточняется на FAT ячейки U0170).

— age_p95_ms — p95 age сенсора в политике; порог-кандидатоперации: 22 (уточняется на FAT ячейки U0170).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0170 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «OTA rollback drill» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, support_h_cell, teleop_share, teleop_flag.

4. Если p95_latency_ms хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0170 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про OTA rollback drill

— [ ] Коды U0170_WMS_DUP_CMD, U0170_PRIVACY_RAW в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает support_h_cell и p95_latency_ms

— [ ] Тест отказа U0170 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «8. Роботы как инфраструктурный слой».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0170 роликом demo-day.

Короткий вывод

«8. Роботы как инфраструктурный слой» закрывается, когда фасет OTA rollback drill измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0170 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

9. Распределённый интеллект флота

Флот может делиться уроками: отказы, калибровочные сдвиги, обновления политик. «Распределённый интеллект» без дисциплины версий и privacy превращается в заразные регрессии и утечки эпизодов.

Что распределять

Агрегированные статистики отказов. Дистиллированные обновления политик. Эталонные тесты. Не обязательно сырой video со всех сайтов в один lake. Purpose и DPA ограничивают.

Координация train

Один LTS, один canary, hotfix-канал. Флот не на десяти ветках. Canary на разнородных сайтах ловит больше, чем на удобной ячейке.

Федеративность vs централизация

Иногда обучение на сайте с выгрузкой только весов/фич. Иногда — центральный QC. Выбор по ИБ и качеству QC, не по моде federated в слайде.

Риски

Отравление данных с плохо размеченного сайта. OTA-волна без стоп-крана. Разный map version при общем весе.

Практика

Fleet brain = пайплайн гипотеза→регресс→canary→LTS + CMDB. Без этого «коллективное обучение» — чат инженеров.

Фокус этой главы (U0171)

Разбор «9. Распределённый интеллект флота» держится на фасете FAT/SAT числа. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0171 первичная гипотеза — FAT/SAT числа. Проверка: сравнить teleop_share и stockout_hours до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0171_SENSOR_AGE — owner OT, secondary ML

— U0171_FORCE_MUTE — owner integration, secondary vendor field

— U0171_WMS_DUP_CMD — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— teleop_share — доля циклов с teleop; порог-кандидатоперации: 12 (уточняется на FAT ячейки U0171).

— stockout_hours — часы простоя из-за spare; порог-кандидатоперации: 34 (уточняется на FAT ячейки U0171).

— calib_drift_px — drift target board, px; порог-кандидатоперации: 34 (уточняется на FAT ячейки U0171).

— incomplete_ep — доля эпизодов без обязательных полей; порог-кандидатоперации: 23 (уточняется на FAT ячейки U0171).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0171 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «FAT/SAT числа» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, teleop_share, calib_drift_px, teleop_flag.

4. Если stockout_hours хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0171 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про FAT/SAT числа

— [ ] Коды U0171_SENSOR_AGE, U0171_FORCE_MUTE в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает teleop_share и stockout_hours

— [ ] Тест отказа U0171 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «9. Распределённый интеллект флота».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0171 роликом demo-day.

Короткий вывод

«9. Распределённый интеллект флота» закрывается, когда фасет FAT/SAT числа измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0171 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

10. Новые интерфейсы обучения

Обучение роботов уезжает от чистого кода к демонстрациям, language goals, teleop-corrections, sim. Новый интерфейс полезен, если сокращает время до закрытия класса отказов и не ломает safety/лог.

Демонстрации и teleop

Человек показывает захват; политика имитирует. Нужны теги качества демо, иначе модель учит плохие привычки. Teleop-correction в проде — ценный сигнал, если журналируется.

Языковые цели

Удобны для постановки задания («положи синие в B»). Опасны, если обходят карту ограничений или дают непроверяемый success. Связывайте language layer с символическими constraints и SKU-матрицей.

Sim и synthetic

Ускоряет, но residual на сайте обязателен. Интерфейс обучения в sim не отменяет эталоны на полу.

UI для смены

Смена не «обучает модель» кнопкой без QC. Иначе получите мусор с authority оператора. Роль: собирать коррекции в рамках протокола.

Практика

Выбирайте интерфейс по узкому месту: мало демо —

упростить запись; много шума — усилить QC; опасный контакт — не давать language без supervisor. Метрика — дни до закрытия abort-класса.

Фокус этой главы (U0172)

Разбор «10. Новые интерфейсы обучения» держится на фасете unit economics. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0172 первичная гипотеза — unit economics. Проверка: сравнить age_p95_ms и incomplete_ep до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0172_TELEOP_HIDDEN — owner OT, secondary ML

— U0172_HASH_MISSING — owner integration, secondary vendor field

— U0172_LATENCY_BUDGET — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— age_p95_ms — p95 age сенсора в политике; порог-кандидатоперации: 27 (уточняется на FAT ячейки U0172).

— incomplete_ep — доля эпизодов без обязательных полей; порог-кандидатоперации: 23 (уточняется на FAT ячейки U0172).

— calib_drift_px — drift target board, px; порог-кандидатоперации: 35 (уточняется на FAT ячейки U0172).

— near_miss — near miss / 1000 циклов; порог-кандидатоперации: 15 (уточняется на FAT ячейки U0172).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0172 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «unit economics» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, age_p95_ms, calib_drift_px, teleop_flag.

4. Если incomplete_ep хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0172 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про unit economics

— [ ] Коды U0172_TELEOP_HIDDEN, U0172_HASH_MISSING в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает age_p95_ms и incomplete_ep

— [ ] Тест отказа U0172 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «10.

Новые интерфейсы обучения».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0172 роликом demo-day.

Короткий вывод

«10. Новые интерфейсы обучения» закрывается, когда фасет unit economics измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0172 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

11. Персонализация поведения

Персонализация: адаптация под сайт, смену, SKU-профиль, иногда под оператора teleop. Ценность — выше success на хвосте. Риск — зоопарк политик и скрытая дискриминация/слежка.

Уровни

Сайт (карта ограничений). Ячейка (калибровка, tool). SKU-кластер. Персональные профили людей — по умолчанию нет. Если есть — threat model, privacy, запрет HR-скоринга через робота.

Технически

Параметры и adapters вместо полных форков. Срок жизни персонализации. Слияние в core, когда паттерн стабилен. CMDB знает, какой adapter на машине.

Оценка

Сегментные метрики: не улучшить «любимый» SKU ценой регресса safety на другом. A/B с canary.

Практика

Разрешённые оси персонализации в политике продукта. Всё остальное — change ticket и review privacy/safety.

Фокус этой главы (U0173)

Разбор «11. Персонализация поведения» держится на фасете threat model доступа. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и

другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0173 первичная гипотеза — threat model доступа. Проверка: сравнить success_night и incomplete_ep до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0173_TF_DRIFT — owner OT, secondary ML

— U0173_TELEOP_HIDDEN — owner integration, secondary vendor field

— U0173_HASH_MISSING — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— success_night — доля успешных циклов ночью; порог-кандидатоперации: 35 (уточняется на FAT ячейки U0173).

— incomplete_ep — доля эпизодов без обязательных полей; порог-кандидатоперации: 35 (уточняется на FAT ячейки U0173).

— age_p95_ms — p95 age сенсора в политике; порог-кандидатоперации: 36 (уточняется на FAT ячейки U0173).

— near_miss — near miss / 1000 циклов; порог-кандидатоперации: 23 (уточняется на FAT ячейки U0173).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0173 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «threat model доступа» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, success_night, age_p95_ms, teleop_flag.

4. Если incomplete_ep хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0173 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про threat model доступа

— [ ] Коды U0173_TF_DRIFT, U0173_TELEOP_HIDDEN в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает success_night и incomplete_ep

— [ ] Тест отказа U0173 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «11. Персонализация поведения».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0173 роликом demo-day.

Короткий вывод

«11. Персонализация поведения» закрывается, когда фасет threat model доступа измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0173 — самостоятель-

ный evidence pack, не клон соседнего.

12. Гуманоидная форма: необходимость или маркетинг

Гуманоид обещает работу в среде для людей без перестройки. Иногда это правда для лестниц, дверей, тележек. Часто — маркетинг: форма тянет сложность баланса, рук, safety, сервиса, а задача закрывалась бы ячейкой или AMR +arm.

Когда форма оправдана

Среда genuinely human-centric и перестройка дороже робота. Нужна мобильность + манипуляция в одном проходе. Есть бюджет на долгий пилот и сервис. Не «потому что инвесторы любят humanoid».

Когда нет

Стабильный конвейер, узкий SKU, огороженная ячейка. Здесь DOF гуманоида = лишний хвост отказов. Честный comparison с simpler morphology обязателен до закупки.

Скрытая цена

Падения, энергобюджет, сложность teleop, сертификация рядом с людьми, запчасти ног/кистей, данные баланса. Unit economics часто ломается не на «интеллекте», а на механике и uptime.

Маркетинговые ловушки

Ролик ходьбы ≠ готовность операции. Hands-on demo на

столе ≠ складская ночь. Считайте teleop и near miss, не аплодисменты.

Практика

Decision record: почему humanoid, какие альтернативы отвергнуты, какие KPI за 90 дней. Нет record — подозревайте хайп.

Фокус этой главы (U0174)

Разбор «12. Гуманоидная форма: необходимость или маркетинг» держится на фасете морфология ячейка/гуманоид. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0174 первичная гипотеза — морфология ячейка/гуманоид. Проверка: сравнить support_h_cell и age_p95_ms до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0174_PRIVACY_RAW — owner OT, secondary ML

— U0174_SPARE_STOCKOUT — owner integration, secondary vendor field

— U0174_PERCEPTION_GLARE — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— support_h_cell — часы поддержки / ячейка / неделя; порог-кандидатоперации: 19 (уточняется на FAT ячейки U0174).

— age_p95_ms — p95 age сенсора в политике; порог-кандидатоперации: 43 (уточняется на FAT ячейки U0174).

— incomplete_ep — доля эпизодов без обязательных полей; порог-кандидатоперации: 5 (уточняется на FAT ячейки U0174).

— calib_drift_px — drift target board, px; порог-кандидатоперации: 19 (уточняется на FAT ячейки U0174).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0174 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «морфология ячейка/гуманоид» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, support_h_cell, incomplete_ep, teleop_flag.

4. Если age_p95_ms хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0174 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про морфология ячейка/гуманоид

— [ ] Коды U0174_PRIVACY_RAW, U0174_SPARE_STOCKOUT в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает support_h_cell и

age_p95_ms

— [ ] Тест отказа U0174 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «12. Гуманоидная форма: необходимость или маркетинг».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0174 роликом demo-day.

Короткий вывод

«12. Гуманоидная форма: необходимость или маркетинг» закрывается, когда фасет морфология ячейка/гуманоид измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0174 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

13. Границы универсальности

Универсальность манит одним стеком на все задачи. Физический мир наказывает ширину: данные размазываются, карта ограничений растёт быстрее закрытия отказов, сервис не успевает. Границы — продуктная добродетель.

Как задавать границу

SKU-матрица, зона, скорость, типы контакта, день/ночь, люди в кадре. Всё вне списка — другой продукт или этап. Соседняя операция добавляется по графу смежности (shared tooling/отказы), не по радиусу пиара.

Foundation и домен

Общие веса допустимы как старт. Ценность заказчику — доменный слой и playbook сайта. Не обещайте, что foundation снимет нужду в карте ограничений.

Метрики ширины

Число map updates в неделю, teleop по новым SKU, доля уникальных конфигов, время SAT на новом сайте. Рост ширины при росте этих метрик — сигнал тормозить.

Практика

Явный out-of-scope на стене. Stage-gate расширения. Kill criteria для «универсального» трека, если unit economics не сходится.

Фокус этой главы (U0175)

Разбор «13. Границы универсальности» держится на фа-

сете 3→30 fleet scale. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0175 первичная гипотеза — 3→30 fleet scale. Проверка: сравнить teleop_share и p95_latency_ms до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0175_HASH_MISSING — owner OT, secondary ML

— U0175_LATENCY_BUDGET — owner integration, secondary vendor field

— U0175_SENSOR_AGE — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— teleop_share — доля циклов с teleop; порог-кандидатоперации: 38 (уточняется на FAT ячейки U0175).

— p95_latency_ms — p95 hot path; порог-кандидатоперации: 28 (уточняется на FAT ячейки U0175).

— near_miss — near miss / 1000 циклов; порог-кандидатоперации: 33 (уточняется на FAT ячейки U0175).

— incomplete_ep — доля эпизодов без обязательных полей; порог-кандидатоперации: 13 (уточняется на FAT ячейки U0175).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0175 и версию карты огра-

ничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «3→30 fleet scale» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, teleop_share, near_miss, teleop_flag.

4. Если p95_latency_ms хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0175 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про 3→30 fleet scale

— [ ] Коды U0175_HASH_MISSING, U0175_LATENCY_BUDGET в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает teleop_share и p95_latency_ms

— [ ] Тест отказа U0175 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «13. Границы универсальности».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0175 роликом demo-day.

Короткий вывод

«13. Границы универсальности» закрывается, когда фасет 3→30 fleet scale измерим, коды abort назначены и canary уме-

ет остановиться. Юнит U0175 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

14. Конвергенция AI и мехатроники

Сходимость не в том, что «нейросеть заменит PID», а в том, что механический дизайн, сенсорная жёсткость креплений, контроллер и политика обучения проектируются вместе. Слабый кронштейн камеры не лечится большим transformer.

Совместное проектирование

С самого ТЗ: где force sensing, где податливость, где вычислитель, куда уходит тепло, как снять tool без потери калибровки. ML-требования на поле зрения и latency попадают в CAD review.

Контроллер и политика

Политика задаёт skill/setpoint в пределах, которые контроллер и safety гарантируют. Конвергенция — чёткие интерфейсы и тесты контакта, не смешение всего в один end-to-end без слоёв.

Производство

Калибровка и BOM revision — часть AI-качества. Мехатроник и perception lead смотрят один yield отчёт.

Кадры

Ищите и растите людей на стыке. Чистый ML без мехатроники в Physical AI команде даёт красивые абляции и мёрт-

вые пилоты.

Практика

Один design review с ML+mech+safety до freeze железа. Изменение крепления сенсора = change с регрессом perception. Общий словарь: age, backlash, residual калибровки, latency p95.

Фокус этой главы (U0176)

Разбор «14. Конвергенция AI и мехатроники» держится на фасете shutter skew. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0176 первичная гипотеза — shutter skew. Проверка: сравнить stockout_hours и teleop_share до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0176_LATENCY_BUDGET — owner OT, secondary ML

— U0176_SENSOR_AGE — owner integration, secondary vendor field

— U0176_FORCE_MUTE — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— stockout_hours — часы простоя из-за spare; порог-кандидатоперации: 33 (уточняется на FAT ячейки U0176).

— teleop_share — доля циклов с teleop; порог-кандидатоперации: 41 (уточняется на FAT ячейки U0176).

— mtt_truth_min — минуты до полного пакета логов; порог-кандидатоперации: 17 (уточняется на FAT ячейки U0176).

— age_p95_ms — p95 age сенсора в политике; порог-кандидатоперации: 9 (уточняется на FAT ячейки U0176).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0176 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «shutter skew» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, stockout_hours, mtt_truth_min, teleop_flag.

4. Если teleop_share хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0176 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про shutter skew

— [ ] Коды U0176_LATENCY_BUDGET, U0176_SENSOR_AGE в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает stockout_hours и teleop_share

— [ ] Тест отказа U0176 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «14. Конвергенция AI и мехатроники».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0176 роликом demo-day.

Короткий вывод

«14. Конвергенция AI и мехатроники» закрывается, когда фасет shutter skew измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0176 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

15. Как изменится инженерная профессия

Инженер Physical AI всё меньше похож на человека, который «обучает сеть» в одиночку, и всё больше — на владельца стыка: сенсор–модель–контроль–safety–сервис–данные. Классический robotics engineer, классический ML engineer и OT-инженер вынуждены делить словарь: age, near miss, config hash, карта ограничений, latency p95.

Новые повседневные навыки

Умение читать полный эпизод, не только tensorboard. Писать acceptance на языке сайта. Собирать RACI на код отказа. Отличать регрессию модели от сдвига калибровки. Проектировать canary. Разговаривать со сменой без презентационного тумана.

Что уходит на второй план

Чисто лабораторные бенчмарки без site residual. Вера в один end-to-end без supervisor. Игнор склада запчастей как «не моя зона». Карьера только на paper metrics без field часов быстро упирается в потолок в этой отрасли.

Карьерные траектории

Runtime/control, perception, data/QC, safety liaison, field/remote, architect стыков. Гибриды ценятся; узкий специалист выживает, если у него явный контракт интерфейса с сосед-

ним слоем.

Образование

Нужны стенды и инциденты, не только курсы по transformer. Стажировка на пилоте с журналом teleop учит быстрее ещё одного фреймворка.

Практика

В команде введите парные разборы: ML + механик/OT на одном near miss в неделю. Это дешевле любой конференции.

Фокус этой главы (U0177)

Разбор «15. Как изменится инженерная профессия» держится на фасете anti-pattern catalogue. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0177 первичная гипотеза — anti-pattern catalogue. Проверка: сравнить support_h_cell и calib_drift_px до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0177_SPARE_STOCKOUT — owner OT, secondary ML

— U0177_PERCEPTION_GLARE — owner integration, secondary vendor field

— U0177_TF_DRIFT — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— support_h_cell — часы поддержки / ячейка / неделя; порог-кандидатоперации: 32 (уточняется на FAT ячейки U0177).

— calib_drift_px — drift target board, px; порог-кандидатоперации: 32 (уточняется на FAT ячейки U0177).

— age_p95_ms — p95 age сенсора в политике; порог-кандидатоперации: 44 (уточняется на FAT ячейки U0177).

— p95_latency_ms — p95 hot path; порог-кандидатоперации: 32 (уточняется на FAT ячейки U0177).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0177 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «anti-pattern catalogue» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, support_h_cell, age_p95_ms, teleop_flag.

4. Если calib_drift_px хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0177 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про anti-pattern catalogue

— [ ] Коды U0177_SPARE_STOCKOUT, U0177_PERCEPTION_GLARE в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает support_h_cell и

calib_drift_px

— [ ] Тест отказа U0177 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «15. Как изменится инженерная профессия».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0177 роликом demo-day.

Короткий вывод

«15. Как изменится инженерная профессия» закрывается, когда фасет anti-pattern catalogue измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0177 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

16. Как изменится менеджмент продукта

Product manager в Physical AI управляет не только фичами UI, а уровнем автономии, картой ограничений, стоимостью teleop и готовностью сервиса. Роадмап «модель vNext» без stage-gates на полу — вредная привычка из чисто цифрового SaaS.

Новые артефакты PM

Словарь метрик. Out-of-scope. Decision record по морфологии платформы. Fleet-ready checklist. Таблица чувствительности unit economics. Список дисквалификаторов закупки для тендера клиента.

Стимулы

Если бонус PM за число сайтов, а сервис за uptime без ресурсов — получите premature scaling. Выровняйте: success и teleop в одной карточке OKR.

Работа с BD и заказчиком

PM режет обещания demo≠приёмка. Учит sales дисквалификаторам. Держит sundown пилотов. Отказывает в биометрии «для красоты».

Discovery

Интервью на смене ночью ценнее опроса директоров. Смотрите abort коды и damage, не только wishlist.

Практика

Один PM-владелец метрик на beachhead. Любая фича указывает слой архитектуры и hot/warm/cold path. Нет места на схеме — нет в релизе.

Фокус этой главы (U0178)

Разбор «16. Как изменится менеджмент продукта» держится на фасете force limits. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0178 первичная гипотеза — force limits. Проверка: сравнить mtt_truth_min и near_miss до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0178_PRIVACY_RAW — owner OT, secondary ML

— U0178_SPARE_STOCKOUT — owner integration, secondary vendor field

— U0178_PERCEPTION_GLARE — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— mtt_truth_min — минуты до полного пакета логов; порог-кандидатоперации: 7 (уточняется на FAT ячейки U0178).

— near_miss — near miss / 1000 циклов; порог-кандида-

топерации: 15 (уточняется на FAT ячейки U0178).

— calib_drift_px — drift target board, px; порог-кандидатоперации: 25 (уточняется на FAT ячейки U0178).

— stockout_hours — часы простоя из-за spare; порог-кандидатоперации: 25 (уточняется на FAT ячейки U0178).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0178 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «force limits» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, mtt_truth_min, calib_drift_px, teleop_flag.

4. Если near_miss хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0178 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про force limits

— [ ] Коды U0178_PRIVACY_RAW, U0178_SPARE_STOCKOUT в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает mtt_truth_min и near_miss

— [ ] Тест отказа U0178 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «16.

Как изменится менеджмент продукта».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0178 роликом demo-day.

Короткий вывод

«16. Как изменится менеджмент продукта» закрывается, когда фасет force limits измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0178 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

17. Долгосрочные риски и неизвестные

Честный список неизвестных полезнее прогноза с одним числом года. Риск не в том, что «ИИ станет слишком умным», а в системных ловушках: хрупкость сервиса, регуляторика, dual-use, концентрация поставщиков, ложь метрик, экологическая цена флота, зависимость от скрытого труда teleop.

Технические неизвестные

Насколько foundation переносятся между морфологиями без дорогих данных. Где потолок sim-to-real для контактных задач. Как стабильно сертифицировать OTA в жёстких вертикалях.

Организационные

Хватит ли гибридных кадров. Не съест ли BD сервис. Выдержат ли заказчики длинный цикл unit economics.

Рыночные

Консолидация платформ и lock-in. Ценовые войны RaaS. Страховка как фильтр.

Что делать с неизвестным

Явные kill-criteria. Лимиты портфеля. Инвестиции в логи и evidence. Короткие пилоты с жёсткими дисквалификаторами. Не ставить весь roadmap на один прогноз формы гу-

маноида.

Практика

Реестр unknown-unknowns раз в квартал: что изменилось фактами парка. Убирайте пункты только с evidence, не с надеждой.

Фокус этой главы (U0179)

Разбор «17. Долгосрочные риски и неизвестные» держится на фасете калибровка и TF drift. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0179 первичная гипотеза — калибровка и TF drift. Проверка: сравнить calib_drift_px и stockout_hours до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0179_HASH_MISSING — owner OT, secondary ML

— U0179_LATENCY_BUDGET — owner integration, secondary vendor field

— U0179_SENSOR_AGE — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— calib_drift_px — drift target board, px; порог-кандидатоперации: 24 (уточняется на FAT ячейки U0179).

— stockout_hours — часы простоя из-за spare; порог-кан-

дидатоперации: 24 (уточняется на FAT ячейки U0179).

— age_p95_ms — p95 age сенсора в политике; порог-кандидатоперации: 28 (уточняется на FAT ячейки U0179).

— success_night — доля успешных циклов ночью; порог-кандидатоперации: 5 (уточняется на FAT ячейки U0179).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0179 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «калибровка и TF drift» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, calib_drift_px, age_p95_ms, teleop_flag.

4. Если stockout_hours хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0179 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про калибровка и TF drift

— [ ] Коды U0179_HASH_MISSING, U0179_LATENCY_BUDGET в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает calib_drift_px и stockout_hours

— [ ] Тест отказа U0179 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «17. Долгосрочные риски и неизвестные».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0179 роликом demo-day.

Короткий вывод

«17. Долгосрочные риски и неизвестные» закрывается, когда фасет калибровка и TF drift измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0179 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

18. Что делать читателю завтра

Книга бесполезна, если после неё не изменился календарь. Завтра — не «изучить всё», а один конкретный ход на вашей роли.

Если вы инженер

Выберите один класс abort. Соберите пять полных эпизодов. Проверьте age сенсора и config hash. Напишите тест, которого не хватает в canary. Договоритесь с OT о словаре.

Если вы PM

Сведите success и teleop на один лист. Зафиксируйте out-of-scope. Назначьте sundown пилота. Вычеркните из роадмапа фичу без слоя архитектуры.

Если вы спонсор/операционный лидер

Потребуйте карту ограничений и RACI. Запретите приёмку по demo-SKU. Спросите lead time критичных spare и время до правды. Не масштабируйте при росте скрытого teleop.

Если вы в закупках

Вставьте дисквалификаторы: safety разрез, offline, data rights, rollback, журнал teleop. Референс-звонок с технарём, не только с marketing.

Общий минимум на неделю

Одна ячейка или один стенд. Одна метрика. Один владелец. Одна запись near miss с действием. Это уже Physical AI практика, даже без новой модели.

Фокус этой главы (U0180)

Разбор «18. Что делать читателю завтра» держится на фасете тендерные дисквалификаторы. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0180 первичная гипотеза — тендерные дисквалификаторы. Проверка: сравнить calib_drift_px и mtt_truth_min до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0180_TF_DRIFT — owner OT, secondary ML

— U0180_TELEOP_HIDDEN — owner integration, secondary vendor field

— U0180_HASH_MISSING — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— calib_drift_px — drift target board, px; порог-кандидатоперации: 36 (уточняется на FAT ячейки U0180).

— mtt_truth_min — минуты до полного пакета логов; порог-кандидатоперации: 16 (уточняется на FAT ячейки U0180).

— stockout_hours — часы простоя из-за spare; порог-кандидатоперации: 36 (уточняется на FAT ячейки U0180).

— age_p95_ms — p95 age сенсора в политике; порог-кандидатоперации: 36 (уточняется на FAT ячейки U0180).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0180 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «тендерные дисквалификаторы» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, calib_drift_px, stockout_hours, teleop_flag.

4. Если mtt_truth_min хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0180 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про тендерные дисквалификаторы

— [ ] Коды U0180_TF_DRIFT, U0180_TELEOP_HIDDEN в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает calib_drift_px и mtt_truth_min

— [ ] Тест отказа U0180 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «18. Что делать читателю завтра».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0180 роликом demo-day.

Короткий вывод

«18. Что делать читателю завтра» закрывается, когда фасет тендерные дисквалификаторы измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0180 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

19. Карта следующих исследований

Исследования имеют смысл, если стыкуются с отказом на полу. Ниже — направления, где пробелы заметны практикам; это не рейтинг hype, а карта дырок.

Данные и QC

Автоматическая отбраковка рассинхрона. Метки purpose. Оценка ценности эпизода для закрытия abort-класса. Privacy-preserving share между сайтами.

Sim-to-real на контакте

Лучше модели трения/деформации упаковки. Процедуры residual на сайте. Когда не тратить sim вообще.

Safety и ML сосуществование

Формальные оболочки вокруг политик. Доказательные аргументы для OTA. Тесты near miss.

HRI и teleop

UI с latency truth. Снижение когнитивной нагрузки. Измерение скрытого teleop.

Экономика и сервис

Модели TCO с lead time. Диагностика до выезда. Федеративный learning без падения QC.

Как выбирать тему

Если исследование не меняет порог canary, карту ограничений или cost per cycle — это хобби. Связывайте paper с field metric заранее.

Фокус этой главы (U0181)

Разбор «19. Карта следующих исследований» держится на фасете unit economics. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0181 первичная гипотеза — unit economics. Проверка: сравнить stockout_hours и teleop_share до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0181_SENSOR_AGE — owner OT, secondary ML

— U0181_FORCE_MUTE — owner integration, secondary vendor field

— U0181_WMS_DUP_CMD — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— stockout_hours — часы простоя из-за spare; порог-кандидатоперации: 24 (уточняется на FAT ячейки U0181).

— teleop_share — доля циклов с teleop; порог-кандидатоперации: 22 (уточняется на FAT ячейки U0181).

— p95_latency_ms — p95 hot path; порог-кандидатоперации: 24 (уточняется на FAT ячейки U0181).

— age_p95_ms — p95 age сенсора в политике; порог-кандидатоперации: 20 (уточняется на FAT ячейки U0181).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0181 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «unit economics» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, stockout_hours, p95_latency_ms, teleop_flag.

4. Если teleop_share хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0181 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про unit economics

— [ ] Коды U0181_SENSOR_AGE, U0181_FORCE_MUTE в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает stockout_hours и teleop_share

— [ ] Тест отказа U0181 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «19. Карта следующих исследований».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0181 роликом demo-day.

Короткий вывод

«19. Карта следующих исследований» закрывается, ко-

гда фасет unit economics измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0181 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

Заключение. Практическая программа действий

Эта книга собирала Physical AI как инженерную дисциплину: от сенсоров и политик до контрактов, сервиса, ответственности и границ универсальности. Заключение — не вдохновляющий абзац, а программа, которую можно положить на квартальный план команды.

Принципы, которые стоит закрепить приказом

1. Demo не равен приёмке. 2. Success без teleop и near miss врёт. 3. Safety-канал независим от весов. 4. Hot path offline. 5. Эпизод полон или бесполезен. 6. Карта ограничений версионируется как код. 7. Второй сайт — процедура. 8. Масштаб при teleop↑ запрещён. 9. Data rights явны. 10. У каждого класса отказа есть RACI.

Программа на 30 дней

Неделя 1: словарь метрик и out-of-scope на одном beachhead. Неделя 2: мониторы age/abort/teleop/полнота + runbook. Неделя 3: baseline и калибровки в допуске; список top abort. Неделя 4: canary пороги, change control среды, учебный модуль смены. Спонсору — одна страница фактов, не ролик.

Программа на 90 дней

Закрыть 1–2 класса отказа. Подписать карту ограни-

чений. Пройти приёмку ночи если она в scope. Собрать unit economics чувствительности. Решить go/no-go. Либо sundown, либо план LTS и склада. Не открывать второй сайт до fleet-ready минимума.

Программа на 12 месяцев

Тиражирование через SAT-процедуру. Лимит software train. Alternate на критичные сенсоры. CMDB. Страховой и контрактный контур обновить по фактам. Соседняя операция — только по графу смежности. Исследовательские ставки — с kill-criteria.

Роли в исполнении

Инженерия держит эпизод и регресс. PM держит scope и стимулы. OT держит среду и safety floor. Сервис держит время до правды и spare. Закупки держат дисквалификаторы. Спонсор держит запрет premature scaling.

Типичные срывы программы

BD продаёт ширину раньше глубины. ML игнорирует калибровку. OT не пускает к логам. Юристы подключаются после утечки. Финансы смотрят только CAPEX железа. Чините срыв процессный, не новой архитектурой сети «на всякий».

Минимальный набор артефактов «готово»

Acceptance. Карта ограничений. Архитектурный разрез safety/ML. Пайплайн эпизода. Canary протокол. RACI. CMDB-запись. Отчёт unit economics. Чеклист пилота. Без двух любых из списка — вы ещё в презентации.

Что не обещает программа

Общий интеллект на все задачи. Нулевой teleop за квартал. Гуманоида вместо перестройки линии всегда. Зато обещает управляемый риск и честные цифры — редкость, которая выигрывает контракты у зрелых заказчиков.

Финальный жест

Выберите дату через семь дней. К ней должны существовать: владелец beachhead, словарь метрик v0, список out-of-scope, канал near miss. Если дата прошла, а артефактов нет — вы всё ещё читатели, не внедренцы. Книга на этом месте заканчивается; работа — начинается на полу.

Фокус этой главы (U0182)

Разбор «Заключение. Практическая программа действий» держится на фасете safety supervisor vs ML. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0182 первичная гипотеза — safety supervisor vs ML. Проверка: сравнить p95_latency_ms и near_miss до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0182_PERCEPTION_GLARE — owner OT, secondary ML

— U0182_TF_DRIFT — owner integration, secondary vendor field

— U0182_TELEOP_HIDDEN — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— p95_latency_ms — p95 hot path; порог-кандидатоперации: 43 (уточняется на FAT ячейки U0182).

— near_miss — near miss / 1000 циклов; порог-кандидатоперации: 13 (уточняется на FAT ячейки U0182).

— teleop_share — доля циклов с teleop; порог-кандидатоперации: 39 (уточняется на FAT ячейки U0182).

— stockout_hours — часы простоя из-за spare; порог-кандидатоперации: 43 (уточняется на FAT ячейки U0182).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0182 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «safety supervisor vs ML» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, p95_latency_ms, teleop_share, teleop_flag.

4. Если near_miss хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0182 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про safety supervisor vs ML

— [ ] Коды U0182_PERCEPTION_GLARE, U0182_TF_DRIFT в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает p95_latency_ms и near_miss

— [ ] Тест отказа U0182 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «Заключение. Практическая программа действий».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0182 роликом demo-day.

Короткий вывод

«Заключение. Практическая программа действий» закрывается, когда фасет safety supervisor vs ML измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0182 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

Глоссарий: базовые понятия Physical AI

Глоссарий — рабочий словарь для стыка ML, robotics и OT. Формулировки практические; в юрисдикциях и стандартах уточняйте нормативные определения отдельно.

Physical AI — системы, где модели восприятия/политики связаны с действием в физическом мире через контроль и актуаторы при ограничениях safety, latency и среды.

Hot path — контур с жёстким бюджетом задержки (контроль контакта, safety), обычно on-edge без WAN.

Warm/cold path — пересчёт плана / обучение и аналитика; допустима большая задержка.

Карта ограничений сайта — версионируемое описание среды, SKU, света, зон людей, EMI и прочих границ intended use на площадке.

Фокус этой главы (U0183)

Разбор «Глоссарий: базовые понятия Physical AI» держится на фасете вибрация крепления. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «мо-

дель». В юните 0183 первичная гипотеза — вибрация крепления. Проверка: сравнить mtt_truth_min и calib_drift_px до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0183_PRIVACY_RAW — owner OT, secondary ML

— U0183_SPARE_STOCKOUT — owner integration, secondary vendor field

— U0183_PERCEPTION_GLARE — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— mtt_truth_min — минуты до полного пакета логов; порог-кандидатоперации: 12 (уточняется на FAT ячейки U0183).

— calib_drift_px — drift target board, px; порог-кандидатоперации: 35 (уточняется на FAT ячейки U0183).

— support_h_cell — часы поддержки / ячейка / неделя; порог-кандидатоперации: 35 (уточняется на FAT ячейки U0183).

— stockout_hours — часы простоя из-за spare; порог-кандидатоперации: 35 (уточняется на FAT ячейки U0183).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0183 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «вибрация крепления» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, mtt_truth_min, support_h_cell, teleop_flag.

4. Если calib_drift_px хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0183 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про вибрация крепления

— [ ] Коды U0183_PRIVACY_RAW, U0183_SPARE_STOCKOUT в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает mtt_truth_min и calib_drift_px

— [ ] Тест отказа U0183 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «Глоссарий: базовые понятия Physical AI».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0183 роликом demo-day.

Короткий вывод

«Глоссарий: базовые понятия Physical AI» закрывается, когда фасет вибрация крепления измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0183 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

Глоссарий: сенсоры и восприятие

Словарь сенсорного контура для инженеров и PM, чтобы спорить о фактах калибровки и age, а не о «камере вообще».

RGB / RGB-D — цвет и глубина; чувствительны к свету, бликам, калибровке extrinsic.

LiDAR — дальностная геометрия; другие failure modes (поглощение, погодные эффекты на улице).

IMU — ускорения/угловые скорости; drift и age критичны для оценки состояния.

Force/torque — сила/момент на запястье или суставе; основа контактных ограничений.

Фокус этой главы (U0184)

Разбор «Глоссарий: сенсоры и восприятие» держится на фасете privacy purpose tags. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0184 первичная гипотеза — privacy purpose tags. Проверка: сравнить mtt_truth_min и near_miss до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0184_PRIVACY_RAW — owner OT, secondary ML

— U0184_SPARE_STOCKOUT — owner integration,

secondary vendor field

— U0184_PERCEPTION_GLARE — owner safety/ compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— mtt_truth_min — минуты до полного пакета логов; порог-кандидатоперации: 5 (уточняется на FAT ячейки U0184).

— near_miss — near miss / 1000 циклов; порог-кандидатоперации: 29 (уточняется на FAT ячейки U0184).

— incomplete_ep — доля эпизодов без обязательных полей; порог-кандидатоперации: 5 (уточняется на FAT ячейки U0184).

— stockout_hours — часы простоя из-за spare; порог-кандидатоперации: 29 (уточняется на FAT ячейки U0184).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0184 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «privacy purpose tags» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, mtt_truth_min, incomplete_ep, teleop_flag.

4. Если near_miss хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0184 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про privacy purpose tags

— [ ] Коды U0184_PRIVACY_RAW, U0184_SPARE_STOCKOUT в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает mtt_truth_min и near_miss

— [ ] Тест отказа U0184 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «Глоссарий: сенсоры и восприятие».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0184 роликом demo-day.

Короткий вывод

«Глоссарий: сенсоры и восприятие» закрывается, когда фасет privacy purpose tags измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0184 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

Глоссарий: обучение и модели

Краткий рабочий словарь по теме «обучение и модели». Определения заточены под ячейку Physical AI: что должно быть измеримо на полу, что попадает в конфиг релиза и что нельзя подменять слайдом.

Термины

Behavioral cloning (BC) — обучение политики на демонстрациях без reward-модели; чувствительно к covariate shift на ночной смене.

DAgger-цикл — итеративный сбор исправлений эксперта на состояниях текущей политики; бюджет teleop часов фиксируйте до старта.

Action chunking — предсказание короткого горизонта действий вместо одного шага — снижает дрожь, но требует согласованного abort.

Diffusion policy — генерация траекторий через denoising; на edge смотрите latency p95 и размер кэша conditioning.

Reward hacking (field) — рост success за счёт скрытого teleop или сужения SKU — ловите связкой success×teleop×SKU-mix.

Offline RL vs online — offline безопаснее для ячейки; online только в sim или за safety supervisor с явным allow-list.

Foundation VLA — vision-language-action как инициализация; fine-tune на ваших abort-кодах, не на маркетинговом

«универсальном».

Distillation to edge — учитель в облаке/на GPU-стойке, ученик на Jetson/ортодоксном IPC; сравнивайте не accuracy, а abort-профиль.

Episode QC gate — брак по рассинхрону stamp, отсутствию config hash, бестеговому хвату — иначе train ест мусор.

Holdout by site — отдельный сайт/смена никогда не в train; иначе «улучшение» — это запоминание освещения.

Label taxonomy freeze — версия словаря abort/SKU в git; смена таксономии = новый датасет, не hot-fix.

Train/serving skew — аугментации и нормализация в train обязаны совпасть с runtime preprocess hash.

Active collection — квоты на редкие отказы (блик, скотч, soft pouch), а не «ещё 10k лёгких эпизодов».

Curriculum SKU — от жёстких коробок к soft/polybag; гейт по teleop≤порога, не по календарю.

Model card ячейки — входные сенсоры, action space, known-hard, запрещённые режимы — рядом с весами.

Карточка релиза для темы «обучение и модели»

Для U0185 приложите к релизу: diff словаря терминов, три примера тикетов с критериями закрытия, один отказный тест на canary.

Не копируйте карточку из соседнего глоссария — набор терминов другой.

Критерий «словарь внедрён»

Оператор и ML-инженер одинаково трактуют пять ключевых терминов темы «обучение и модели» на разборе near miss.

Глоссарий: управление и кинематика

Краткий рабочий словарь по теме «управление и кинематика». Определения заточены под ячейку Physical AI: что должно быть измеримо на полу, что попадает в конфиг релиза и что нельзя подменять слайдом.

Термины

Forward kinematics (FK) — поза end-effector из суставов; ошибка модели звена бьёт по калибровке камеры сильнее, чем «шум политики».

Inverse kinematics (IK) — суставы из целевой позы; множественные решения — фиксируйте seed и joint limits в конфиге релиза.

Null-space posture — использование избыточности для избежания сингулярностей и людей в зоне — логируйте выбранный null-space cost.

Jacobian singularity — около сингулярности скорость суставов взлетает; soft-limit + abort лучше «протолкнуть».

Impedance / admittance — сила через податливость; для контакта с человеком — certified лимиты, не ML-тюнинг.

Operational space control — задачи в Cartesian с приоритетами; collision avoidance как более высокий приоритет, чем grasp.

Calibration TF tree — extrinsics cam↔flange↔base с версией; смена кронштейна = новый TF, иначе «модель деградировала».

Gravity compensation — ошибка mass/com модели даёт постоянный bias силы; регресс после замены tooling.

Trajectory blending — стыковка сегментов без рывка; смотрите jerk limits на hot path, не в облаке.

Redundancy resolution — явный критерий (локоть вверх/вниз, запястье) в acceptance — иначе смена оператора = другая кинематика.

Singularity map ячейки — зоны, куда IK не пускаем; часть карты ограничений, не слайд.

Tool center point (TCP) — смена гриппера меняет TCP; без обновления — systematic miss на 5–20 мм.

Closed-loop visual servoing — коррекция по зрению в контуре; age сенсора в политике обязателен.

Force-guarded insert — вставка с порогом силы и search spiral; mute force = инцидент, не «ускорение цикла».

Joint torque observer — оценка внешнего контакта; калибруйте под полезную нагрузку и кабель-пакет.

Карточка релиза для темы «управление и кинематика»

Для U0186 приложите к релизу: diff словаря терминов, три примера тикетов с критериями закрытия, один отказный тест на canary.

Не копируйте карточку из соседнего глоссария — набор

терминов другой.

Критерий «словарь внедрён»

Оператор и ML-инженер одинаково трактуют пять ключевых терминов темы «управление и кинематика» на разборе near miss.

Глоссарий: симуляция и данные

Краткий рабочий словарь по теме «симуляция и данные». Определения заточены под ячейку Physical AI: что должно быть измеримо на полу, что попадает в конфиг релиза и что нельзя подменять слайдом.

Термины

Domain randomization — рандом масс, трения, света, задержек под ваши реальные отказы — не «красивый шум».

Sim-to-real gap budget — список расхождений (камера, кабель, defer) с владельцем закрытия каждого пункта.

Synthetic abort library — каталог отказных сцен с тегами; покрытие rarities важнее photorealism.

Physics fidelity tiers — fast/approx для RL, high-fidelity для insertion; не один симулятор на всё.

Sensor plug-in latency — эмуляция age и drop кадров; политика, не видевшая drop, падает первой ночью.

Digital twin cell — геометрия+TF+светильники сайта; twin без change control — декорация.

Data contract episode — schema: stamps, config_hash, teleop_flag, safety_events, SKU_id — иначе QC слеп.

Replay buffer hygiene — TTL, purpose tags, запрет marketing-роликов в train.

Coverage metric — доля known-hard с ≥N эпизодами; success на easy не считается покрытием.

Procedural scene gen — генерация стеллажей/позы объектов по параметрам WMS-класса.

Rand texture vs geometry — текстуры без сдвига геометрии не закрывают блик от реального металла.

Seeded eval suite — фиксированные seeds для регресса политики между релизами.

Bridge dataset — малый набор real episodes для калибровки домена после sim pretrain.

Annotation latency SLA — время от сбора до тега; очередь >SLA = freeze train.

Sim license / export — модели ячейки могут быть dual-use — храните screening one-pager рядом с twin.

Карточка релиза для темы «симуляция и данные»

Для U0187 приложите к релизу: diff словаря терминов, три примера тикетов с критериями закрытия, один отказный тест на canary.

Не копируйте карточку из соседнего глоссария — набор терминов другой.

Критерий «словарь внедрён»

Оператор и ML-инженер одинаково трактуют пять ключевых терминов темы «симуляция и данные» на разборе near miss.

Глоссарий: runtime и инфраструктура

Краткий рабочий словарь по теме «runtime и инфраструктура». Определения заточены под ячейку Physical AI: что должно быть измеримо на полу, что попадает в конфиг релиза и что нельзя подменять слайдом.

Термины

Hot path — контакт, safety, low-level control — без WAN и без GC-пауз «как в сервисе».

Watchdog cascade — от sensor age до E-stop; каждый уровень с таймаутом и тестом на FAT.

Config hash pin — эпизод и runtime несут один hash; иначе postmortem гадает.

OTA canary cells — две ячейки, разные смены; rollback = тот же пайплайн, что выкат.

Time sync (PTP/NTP) — рассинхрон stamp ломает imitation; монитор offset в дашборде смены.

Shared-memory IPC — нулевые копии на hot path; protobuf поверх TCP — для телеметрии, не для torque.

GPU duty cycle — тепловой троттлинг вечером = внезапный latency spike; логируйте clocks.

Edge disk quotas — эпизоды не должны забить root; ring buffer + upload policy.

Fleet CMDB — site/cell/BOM/train/sensor_batch — без CMDB «масштаб» = хаос.

Degraded mode matrix — VPN down, camera drop, force fault → явные режимы, не silent best-effort.

Log redaction pipeline — faces/screens в raw; purpose=debug с коротким TTL.

Power brownout test — рестарт контроллера mid-cycle на FAT; иначе полевой «странный» abort.

Container pin digests — latest запрещён на ячейке; digests в release manifest.

Network QoS OT — изолированный VLAN для teleop/video; конкуренция с office Wi-Fi — дисквал.

Spare kit readiness — критичные сенсоры с тем же calibration pipeline; «похожая камера» = новый продукт.

Карточка релиза для темы «runtime и инфраструктура»

Для U0188 приложите к релизу: diff словаря терминов, три примера тикетов с критериями закрытия, один отказный тест на canary.

Не копируйте карточку из соседнего глоссария — набор терминов другой.

Критерий «словарь внедрён»

Оператор и ML-инженер одинаково трактуют пять ключевых терминов темы «runtime и инфраструктура» на разборе near miss.

Глоссарий: безопасность и право

Краткий рабочий словарь по теме «безопасность и право». Определения заточены под ячейку Physical AI: что должно быть измеримо на полу, что попадает в конфиг релиза и что нельзя подменять слайдом.

Термины

Functional safety vs ML — SIL/PL на стопах и зонах; веса модели не поднимают certified уровень.

Safety supervisor — независимый контур над политикой; mute = инцидент с RCA.

Collaborative speed/separation — ISO/TS режимы; карта зон в change control, не в чате.

Near miss taxonomy — события без травмы, но с нарушением зоны/силы — порог canary.

Data protection zones — raw video purpose-limited; DPA для remote support abroad.

Biometrics ban-by-default — лицо/отпечаток только с threat model и legal basis; иначе выкидывайте фичу.

Export / dual-use screen — one-pager до отгрузки demo abroad; owner = compliance, не sales.

Incident freeze pack — state, keyframes, hashes, commands, safety log — SLA «время до правды».

Operator certification — teleop и override по допуску; штраф за честный abort растит скрытый teleop.

Field repair regression — после замены сенсора — safety + perception регресс, не «включил и поехал».

Privacy by architecture — edge redaction до upload; «потом разберёмся» не проходит аудит.

Liability allocation — в контракте: кто владеет abort-кодами, кто — injury investigation packet.

Lockout/tagout + robot — интеграция LOTO с режимами ячейки; документируйте overlap.

Cyber OT baseline — учётки, signed updates, no default passwords на teach pendant.

Audit trail immutability — WORM или append-only для safety events; редактирование = red flag тендера.

Карточка релиза для темы «безопасность и право»

Для U0189 приложите к релизу: diff словаря терминов, три примера тикетов с критериями закрытия, один отказный тест на canary.

Не копируйте карточку из соседнего глоссария — набор терминов другой.

Критерий «словарь внедрён»

Оператор и ML-инженер одинаково трактуют пять ключевых терминов темы «безопасность и право» на разборе near miss.

Глоссарий: продукт и экономика

Краткий рабочий словарь по теме «продукт и экономика». Определения заточены под ячейку Physical AI: что должно быть измеримо на полу, что попадает в конфиг релиза и что нельзя подменять слайдом.

Термины

Cost per successful cycle — полная себестоимость успешного цикла, не «цикл без учёта teleop».

Teleop share as COGS — минуты оператора в юнит-экономике; скрытый teleop = скрытый убыток.

Beachhead SKU class — узкий класс, где TCO бьёт ручной труд; расширение только после stage-gate.

Stage-gate metrics — success, teleop, near miss, spare stockout, time-to-log — на одной странице спонсору.

Pilot vs series pricing — штрафы пилота ≠ серии; иначе команда врёт в метриках.

Spare stockout risk — простой из-за камеры/платы; буфер и alternate с тем же calibration path.

Change order economics — перенос стеллажа mid-pilot = новый SAT, не «мелочь».

Second site tax — копирование conf без карты среды почти всегда роняет success.

Support burden ratio — часы вендора на ячейку в месяц; рост после GA — сигнал незрелости.

Data rights in contract — эпизоды у заказчика по умолчанию; вендор — объём поддержки с аудитом.

Disqualify-on-missing — нет safety-разреза / offline / rollback / teleop journal — дисквал тендера.

Sensitivity one-pager — что ломает ROI: −5% success, +3% teleop, delay spare — заранее.

Morphology TCO — ячейка vs мобильный vs гуманоид — сервис и data budget часто важнее DoF.

Acceptance without night — дневное демо как приёмка — ложь в складе; ночь в FAT/SAT.

Vendor lock sensors — концентрация на одном поставщике камер = риск; dual-source план до GA.

Карточка релиза для темы «продукт и экономика»

Для U0190 приложите к релизу: diff словаря терминов, три примера тикетов с критериями закрытия, один отказный тест на canary.

Не копируйте карточку из соседнего глоссария — набор терминов другой.

Критерий «словарь внедрён»

Оператор и ML-инженер одинаково трактуют пять ключевых терминов темы «продукт и экономика» на разборе near miss.

Источники: учебники и фундаментальные работы

Подборка источников и опорных рамок по теме «учебники и фундаментальные работы» для команды Physical AI. Это не библиография «для красоты»: каждый пункт должен помогать проверить факт на полу или сформулировать критерии приёмки. Vendor-neutral: без рейтингов поставщиков.

Список опор

1. Siciliano, Sciavicco et al. — Robotics: Modelling, Planning and Control (кинематика/динамика как база для TF и impedance).

Как применить: сформулируйте один проверяемый вопрос к вашей ячейке, который закрывается этой опорой; запишите ответ в research note релиза. Если вопроса нет — вычеркивайте пункт из рабочего списка.

2. Murray, Li, Sastry — A Mathematical Introduction to Robotic Manipulation (screw theory; полезно, когда IK «внезапно» взрывается).

Как применить: сформулируйте один проверяемый вопрос к вашей ячейке, который закрывается этой опорой; запишите ответ в research note релиза. Если вопроса нет — вычеркивайте пункт из рабочего списка.

3. Thrun, Burgard, Fox — Probabilistic Robotics (фильтры,

неопределённость; связка с age и covariance треков).

Как применить: сформулируйте один проверяемый вопрос к вашей ячейке, который закрывается этой опорой; запишите ответ в research note релиза. Если вопроса нет — вычеркивайте пункт из рабочего списка.

4. Craig — Introduction to Robotics (классика FK/IK; держите рядом с calibration runbook).

Как применить: сформулируйте один проверяемый вопрос к вашей ячейке, который закрывается этой опорой; запишите ответ в research note релиза. Если вопроса нет — вычеркивайте пункт из рабочего списка.

5. Sutton & Barto — Reinforcement Learning (термины reward/return; не путать field success с reward hacking).

Как применить: сформулируйте один проверяемый вопрос к вашей ячейке, который закрывается этой опорой; запишите ответ в research note релиза. Если вопроса нет — вычеркивайте пункт из рабочего списка.

6. Goodfellow, Bengio, Courville — Deep Learning (основы; для VLA — лишь фундамент, не рецепт ячейки).

Как применить: сформулируйте один проверяемый вопрос к вашей ячейке, который закрывается этой опорой; запишите ответ в research note релиза. Если вопроса нет — вычеркивайте пункт из рабочего списка.

7. Bishop — Pattern Recognition and Machine Learning (неопределённость и калибровка вероятностей).

Как применить: сформулируйте один проверяемый во-

прос к вашей ячейке, который закрывается этой опорой; запишите ответ в research note релиза. Если вопроса нет — вычеркивайте пункт из рабочего списка.

8. ISO-ориентированные обзоры functional safety (как читать SIL/PL рядом с ML-контуром).

Как применить: сформулируйте один проверяемый вопрос к вашей ячейке, который закрывается этой опорой; запишите ответ в research note релиза. Если вопроса нет — вычеркивайте пункт из рабочего списка.

9. Документы NIST по AI risk management — рамка residual risk, не чеклист закупки робота.

Как применить: сформулируйте один проверяемый вопрос к вашей ячейке, который закрывается этой опорой; запишите ответ в research note релиза. Если вопроса нет — вычеркивайте пункт из рабочего списка.

10. Классические работы по visual servoing (Chaumette/Hutchinson) — closed-loop коррекция vs open-loop grasp.

Как применить: сформулируйте один проверяемый вопрос к вашей ячейке, который закрывается этой опорой; запишите ответ в research note релиза. Если вопроса нет — вычеркивайте пункт из рабочего списка.

Рабочий протокол для полки «учебники и фундаментальные работы» (U0191)

1. Выберите один claim пилота.
2. Найдите две опоры из списка выше.
3. Приложите полевой артефакт (лог/hash/ticket).

4. Зафиксируйте estimate vs measured.

Если шаг 2–3 не закрываются — claim снимается до следующего релиза.

Источники: робототехника и управление

Подборка источников и опорных рамок по теме «робототехника и управление» для команды Physical AI. Это не библиография «для красоты»: каждый пункт должен помогать проверить факт на полу или сформулировать критерии приёмки. Vendor-neutral: без рейтингов поставщиков.

Список опор

1. Обзоры operational space control и null-space projections — приоритеты задач в ячейке.

Как применить: сформулируйте один проверяемый вопрос к вашей ячейке, который закрывается этой опорой; запишите ответ в research note релиза. Если вопроса нет — вычеркивайте пункт из рабочего списка.

2. Работы по impedance/admittance control для контакта и вставки.

Как применить: сформулируйте один проверяемый вопрос к вашей ячейке, который закрывается этой опорой; запишите ответ в research note релиза. Если вопроса нет — вычеркивайте пункт из рабочего списка.

3. Статьи о singularity handling и joint-limit avoidance в redundant arms.

Как применить: сформулируйте один проверяемый во-

прос к вашей ячейке, который закрывается этой опорой; запишите ответ в research note релиза. Если вопроса нет — вычеркивайте пункт из рабочего списка.

4. Практики URDF/SDF и TF trees в ROS-подобных стеках — версия модели = часть релиза.

Как применить: сформулируйте один проверяемый вопрос к вашей ячейке, который закрывается этой опорой; запишите ответ в research note релиза. Если вопроса нет — вычеркивайте пункт из рабочего списка.

5. Силовые наблюдатели и collision detection без тактильных матриц.

Как применить: сформулируйте один проверяемый вопрос к вашей ячейке, который закрывается этой опорой; запишите ответ в research note релиза. Если вопроса нет — вычеркивайте пункт из рабочего списка.

6. Методы trajectory generation с jerk limits для hot path.

Как применить: сформулируйте один проверяемый вопрос к вашей ячейке, который закрывается этой опорой; запишите ответ в research note релиза. Если вопроса нет — вычеркивайте пункт из рабочего списка.

7. Калибровка hand-eye (eye-in-hand / eye-to-hand) — протоколы после смены крепления.

Как применить: сформулируйте один проверяемый вопрос к вашей ячейке, который закрывается этой опорой; запишите ответ в research note релиза. Если вопроса нет — вычеркивайте пункт из рабочего списка.

8. Сравнительные отчёты gripper vs multifinger на warehouse SKU (ориентиры TCO, не рейтинг брендов).

Как применить: сформулируйте один проверяемый вопрос к вашей ячейке, который закрывается этой опорой; запишите ответ в research note релиза. Если вопроса нет — вычеркивайте пункт из рабочего списка.

9. Гайды по collaborative modes (speed and separation monitoring) в прикладных ячейках.

Как применить: сформулируйте один проверяемый вопрос к вашей ячейке, который закрывается этой опорой; запишите ответ в research note релиза. Если вопроса нет — вычеркивайте пункт из рабочего списка.

10. Полевые postmortem-разборы «TF уехал после обслуживания» — шаблоны RCA.

Как применить: сформулируйте один проверяемый вопрос к вашей ячейке, который закрывается этой опорой; запишите ответ в research note релиза. Если вопроса нет — вычеркивайте пункт из рабочего списка.

Рабочий протокол для полки «робототехника и управление» (U0192)

1. Выберите один claim пилота.
2. Найдите две опоры из списка выше.
3. Приложите полевой артефакт (лог/hash/ticket).
4. Зафиксируйте estimate vs measured.

Если шаг 2–3 не закрываются — claim снимается до следующего релиза.

Источники: машинное обучение и foundation models

Подборка источников и опорных рамок по теме «машинное обучение и foundation models» для команды Physical AI. Это не библиография «для красоты»: каждый пункт должен помогать проверить факт на полу или сформулировать критерии приёмки. Vendor-neutral: без рейтингов поставщиков.

Список опор

1. Обзоры behavioral cloning и DAgger в манипуляции.

Как применить: сформулируйте один проверяемый вопрос к вашей ячейке, который закрывается этой опорой; запишите ответ в research note релиза. Если вопроса нет — вычеркивайте пункт из рабочего списка.

2. Diffusion policy / action chunking papers — latency и abort-совместимость.

Как применить: сформулируйте один проверяемый вопрос к вашей ячейке, который закрывается этой опорой; запишите ответ в research note релиза. Если вопроса нет — вычеркивайте пункт из рабочего списка.

3. VLA / RT-подобные работы: что переносится, а что ломается на вашем свете.

Как применить: сформулируйте один проверяемый вопрос к вашей ячейке, который закрывается этой опорой; за-

пишите ответ в research note релиза. Если вопроса нет — вычеркивайте пункт из рабочего списка.

4. Offline RL surveys — когда safe, когда маскирует дыры в данных.

Как применить: сформулируйте один проверяемый вопрос к вашей ячейке, который закрывается этой опорой; запишите ответ в research note релиза. Если вопроса нет — вычеркивайте пункт из рабочего списка.

5. Distillation и quantization для edge inference в robotics.

Как применить: сформулируйте один проверяемый вопрос к вашей ячейке, который закрывается этой опорой; запишите ответ в research note релиза. Если вопроса нет — вычеркивайте пункт из рабочего списка.

6. Covariate shift и dataset shift в robotics datasets.

Как применить: сформулируйте один проверяемый вопрос к вашей ячейке, который закрывается этой опорой; запишите ответ в research note релиза. Если вопроса нет — вычеркивайте пункт из рабочего списка.

7. Model cards и datasheets for datasets — адаптируйте под ячейку.

Как применить: сформулируйте один проверяемый вопрос к вашей ячейке, который закрывается этой опорой; запишите ответ в research note релиза. Если вопроса нет — вычеркивайте пункт из рабочего списка.

8. Работы по reward specification и specification gaming.

Как применить: сформулируйте один проверяемый во-

прос к вашей ячейке, который закрывается этой опорой; запишите ответ в research note релиза. Если вопроса нет — вычеркивайте пункт из рабочего списка.

9. Сравнительные бенчмарки imitation на contact-rich задачах.

Как применить: сформулируйте один проверяемый вопрос к вашей ячейке, который закрывается этой опорой; запишите ответ в research note релиза. Если вопроса нет — вычеркивайте пункт из рабочего списка.

10. Практики episode QC и schema-first data contracts.

Как применить: сформулируйте один проверяемый вопрос к вашей ячейке, который закрывается этой опорой; запишите ответ в research note релиза. Если вопроса нет — вычеркивайте пункт из рабочего списка.

Рабочий протокол для полки «машинное обучение и foundation models» (U0193)

1. Выберите один claim пилота.
2. Найдите две опоры из списка выше.
3. Приложите полевой артефакт (лог/hash/ticket).
4. Зафиксируйте estimate vs measured.

Если шаг 2–3 не закрываются — claim снимается до следующего релиза.

Источники: компьютерное зрение и perception

Подборка источников и опорных рамок по теме «компьютерное зрение и perception» для команды Physical AI. Это не библиография «для красоты»: каждый пункт должен помогать проверить факт на полу или сформулировать критерии приёмки. Vendor-neutral: без рейтингов поставщиков.

Список опор

1. Обзоры 6D pose estimation для манипуляции (RGB vs RGB-D).

Как применить: сформулируйте один проверяемый вопрос к вашей ячейке, который закрывается этой опорой; запишите ответ в research note релиза. Если вопроса нет — вычеркивайте пункт из рабочего списка.

2. Трекинг и association (SORT/ByteTrack-семейство) в плотных полках.

Как применить: сформулируйте один проверяемый вопрос к вашей ячейке, который закрывается этой опорой; запишите ответ в research note релиза. Если вопроса нет — вычеркивайте пункт из рабочего списка.

3. Неопределённость позы и калибровка confidence для grasp gating.

Как применить: сформулируйте один проверяемый во-

прос к вашей ячейке, который закрывается этой опорой; запишите ответ в research note релиза. Если вопроса нет — вычеркивайте пункт из рабочего списка.

4. Domain gap освещения: day/night, glare, HDR практики.

Как применить: сформулируйте один проверяемый вопрос к вашей ячейке, который закрывается этой опорой; запишите ответ в research note релиза. Если вопроса нет — вычеркивайте пункт из рабочего списка.

5. Окклюзии и multi-view fusion в ячейке.

Как применить: сформулируйте один проверяемый вопрос к вашей ячейке, который закрывается этой опорой; запишите ответ в research note релиза. Если вопроса нет — вычеркивайте пункт из рабочего списка.

6. Тактильность + vision: когда force честнее псевдоглубины.

Как применить: сформулируйте один проверяемый вопрос к вашей ячейке, который закрывается этой опорой; запишите ответ в research note релиза. Если вопроса нет — вычеркивайте пункт из рабочего списка.

7. Synthetic data for perception — геометрический gap vs texture gap.

Как применить: сформулируйте один проверяемый вопрос к вашей ячейке, который закрывается этой опорой; запишите ответ в research note релиза. Если вопроса нет — вычеркивайте пункт из рабочего списка.

8. Sensor aging и dirty lens — мониторинг scene health.

Как применить: сформулируйте один проверяемый вопрос к вашей ячейке, который закрывается этой опорой; запишите ответ в research note релиза. Если вопроса нет — вычеркивайте пункт из рабочего списка.

9. Latency budgets perception→control на edge.

Как применить: сформулируйте один проверяемый вопрос к вашей ячейке, который закрывается этой опорой; запишите ответ в research note релиза. Если вопроса нет — вычеркивайте пункт из рабочего списка.

10. Регресс-наборы золотых полок сайта (не «COCO-метрика»).

Как применить: сформулируйте один проверяемый вопрос к вашей ячейке, который закрывается этой опорой; запишите ответ в research note релиза. Если вопроса нет — вычеркивайте пункт из рабочего списка.

Рабочий протокол для полки «компьютерное зрение и perception» (U0194)

1. Выберите один claim пилота.
2. Найдите две опоры из списка выше.
3. Приложите полевой артефакт (лог/hash/ticket).
4. Зафиксируйте estimate vs measured.

Если шаг 2–3 не закрываются — claim снимается до следующего релиза.

Источники: симуляция и sim-to-real

Подборка источников и опорных рамок по теме «симуляция и sim-to-real» для команды Physical AI. Это не библиография «для красоты»: каждый пункт должен помогать проверить факт на полу или сформулировать критерии приёмки. Vendor-neutral: без рейтингов поставщиков.

Список опор

1. Обзоры domain randomization и system identification.

Как применить: сформулируйте один проверяемый вопрос к вашей ячейке, который закрывается этой опорой; запишите ответ в research note релиза. Если вопроса нет — вычеркивайте пункт из рабочего списка.

2. Сравнения physics engines для contact-rich insertion.

Как применить: сформулируйте один проверяемый вопрос к вашей ячейке, который закрывается этой опорой; запишите ответ в research note релиза. Если вопроса нет — вычеркивайте пункт из рабочего списка.

3. Методы bridging: few real episodes after sim pretrain.

Как применить: сформулируйте один проверяемый вопрос к вашей ячейке, который закрывается этой опорой; запишите ответ в research note релиза. Если вопроса нет — вычеркивайте пункт из рабочего списка.

4. Эмуляция задержек, drop кадров, PTP offset в sim.

Как применить: сформулируйте один проверяемый во-

прос к вашей ячейке, который закрывается этой опорой; запишите ответ в research note релиза. Если вопроса нет — вычеркивайте пункт из рабочего списка.

5. Procedural scene generation под WMS-классы.

Как применить: сформулируйте один проверяемый вопрос к вашей ячейке, который закрывается этой опорой; запишите ответ в research note релиза. Если вопроса нет — вычеркивайте пункт из рабочего списка.

6. Digital twin change control — twin как артефакт релиза.

Как применить: сформулируйте один проверяемый вопрос к вашей ячейке, который закрывается этой опорой; запишите ответ в research note релиза. Если вопроса нет — вычеркивайте пункт из рабочего списка.

7. Метрики coverage known-hard в sim suites.

Как применить: сформулируйте один проверяемый вопрос к вашей ячейке, который закрывается этой опорой; запишите ответ в research note релиза. Если вопроса нет — вычеркивайте пункт из рабочего списка.

8. Лицензионные и dual-use аспекты моделей ячеек.

Как применить: сформулируйте один проверяемый вопрос к вашей ячейке, который закрывается этой опорой; запишите ответ в research note релиза. Если вопроса нет — вычеркивайте пункт из рабочего списка.

9. Seeded eval и reproducibility между релизами политики.

Как применить: сформулируйте один проверяемый вопрос к вашей ячейке, который закрывается этой опорой; за-

пишите ответ в research note релиза. Если вопроса нет — вычеркивайте пункт из рабочего списка.

10. Стоимость high-fidelity vs скорость итерации RL.

Как применить: сформулируйте один проверяемый вопрос к вашей ячейке, который закрывается этой опорой; запишите ответ в research note релиза. Если вопроса нет — вычеркивайте пункт из рабочего списка.

Рабочий протокол для полки «симуляция и sim-to-real» (U0195)

1. Выберите один claim пилота.
2. Найдите две опоры из списка выше.
3. Приложите полевой артефакт (лог/hash/ticket).
4. Зафиксируйте estimate vs measured.

Если шаг 2–3 не закрываются — claim снимается до следующего релиза.

Источники: стандарты безопасности

Подборка источников и опорных рамок по теме «стандарты безопасности» для команды Physical AI. Это не библиография «для красоты»: каждый пункт должен помогать проверить факт на полу или сформулировать критерии приёмки. Vendor-neutral: без рейтингов поставщиков.

Список опор

1. ISO 10218 / ISO/TS 15066 — рамки industrial / collaborative.

Как применить: сформулируйте один проверяемый вопрос к вашей ячейке, который закрывается этой опорой; запишите ответ в research note релиза. Если вопроса нет — вычеркивайте пункт из рабочего списка.

2. IEC 61508 / ISO 13849 — SIL/PL; почему веса модели не поднимают уровень.

Как применить: сформулируйте один проверяемый вопрос к вашей ячейке, который закрывается этой опорой; запишите ответ в research note релиза. Если вопроса нет — вычеркивайте пункт из рабочего списка.

3. Практики safety-rated monitored stop и zone control.

Как применить: сформулируйте один проверяемый вопрос к вашей ячейке, который закрывается этой опорой; за-

пишите ответ в research note релиза. Если вопроса нет — вычеркивайте пункт из рабочего списка.

4. Гайдлайны near miss reporting в ОТ.

Как применить: сформулируйте один проверяемый вопрос к вашей ячейке, который закрывается этой опорой; запишите ответ в research note релиза. Если вопроса нет — вычеркивайте пункт из рабочего списка.

5. Требования к audit trail и immutability журналов safety.

Как применить: сформулируйте один проверяемый вопрос к вашей ячейке, который закрывается этой опорой; запишите ответ в research note релиза. Если вопроса нет — вычеркивайте пункт из рабочего списка.

6. Интеграция LOTO с роботизированной ячейкой.

Как применить: сформулируйте один проверяемый вопрос к вашей ячейке, который закрывается этой опорой; запишите ответ в research note релиза. Если вопроса нет — вычеркивайте пункт из рабочего списка.

7. Пост-ремонтный safety regression checklist.

Как применить: сформулируйте один проверяемый вопрос к вашей ячейке, который закрывается этой опорой; запишите ответ в research note релиза. Если вопроса нет — вычеркивайте пункт из рабочего списка.

8. Разделение certified safety и best-effort ML abort.

Как применить: сформулируйте один проверяемый вопрос к вашей ячейке, который закрывается этой опорой; запишите ответ в research note релиза. Если вопроса нет — вы-

черкивайте пункт из рабочего списка.

9. Кибер-гигиена OT: signed firmware, accounts, pendant defaults.

Как применить: сформулируйте один проверяемый вопрос к вашей ячейке, который закрывается этой опорой; запишите ответ в research note релиза. Если вопроса нет — вычеркивайте пункт из рабочего списка.

10. Контрактные шаблоны liability split customer/vendor.

Как применить: сформулируйте один проверяемый вопрос к вашей ячейке, который закрывается этой опорой; запишите ответ в research note релиза. Если вопроса нет — вычеркивайте пункт из рабочего списка.

Рабочий протокол для полки «стандарты безопасности» (U0196)

1. Выберите один claim пилота.
2. Найдите две опоры из списка выше.
3. Приложите полевой артефакт (лог/hash/ticket).
4. Зафиксируйте estimate vs measured.

Если шаг 2–3 не закрываются — claim снимается до следующего релиза.

Источники: право, этика и privacy

Подборка источников и опорных рамок по теме «право, этика и privacy» для команды Physical AI. Это не библиография «для красоты»: каждый пункт должен помогать проверить факт на полу или сформулировать критерии приёмки. Vendor-neutral: без рейтингов поставщиков.

Список опор

1. GDPR/локальные аналоги: purpose limitation для video с ячейки.

Как применить: сформулируйте один проверяемый вопрос к вашей ячейке, который закрывается этой опорой; запишите ответ в research note релиза. Если вопроса нет — вычеркивайте пункт из рабочего списка.

2. DPIA-шаблоны для continuous recording в складе.

Как применить: сформулируйте один проверяемый вопрос к вашей ячейке, который закрывается этой опорой; запишите ответ в research note релиза. Если вопроса нет — вычеркивайте пункт из рабочего списка.

3. Запрет биометрии by default и threat model templates.

Как применить: сформулируйте один проверяемый вопрос к вашей ячейке, который закрывается этой опорой; запишите ответ в research note релиза. Если вопроса нет — вычеркивайте пункт из рабочего списка.

4. DPA для remote support и cross-border access.

Как применить: сформулируйте один проверяемый вопрос к вашей ячейке, который закрывается этой опорой; запишите ответ в research note релиза. Если вопроса нет — вычеркивайте пункт из рабочего списка.

5. Этические риски скрытого teleop и «потемкинского» success.

Как применить: сформулируйте один проверяемый вопрос к вашей ячейке, который закрывается этой опорой; запишите ответ в research note релиза. Если вопроса нет — вычеркивайте пункт из рабочего списка.

6. Export controls / dual-use screening one-pagers.

Как применить: сформулируйте один проверяемый вопрос к вашей ячейке, который закрывается этой опорой; запишите ответ в research note релиза. Если вопроса нет — вычеркивайте пункт из рабочего списка.

7. Права на данные эпизодов в договоре (customer-owned default).

Как применить: сформулируйте один проверяемый вопрос к вашей ячейке, который закрывается этой опорой; запишите ответ в research note релиза. Если вопроса нет — вычеркивайте пункт из рабочего списка.

8. Прозрачность для смены: что логируется и зачем.

Как применить: сформулируйте один проверяемый вопрос к вашей ячейке, который закрывается этой опорой; запишите ответ в research note релиза. Если вопроса нет — вычеркивайте пункт из рабочего списка.

9. Ограничения на вторичное использование (marketing clips).

Как применить: сформулируйте один проверяемый вопрос к вашей ячейке, который закрывается этой опорой; запишите ответ в research note релиза. Если вопроса нет — вычеркивайте пункт из рабочего списка.

10. Инцидент-коммуникация при near miss с людьми в зоне.

Как применить: сформулируйте один проверяемый вопрос к вашей ячейке, который закрывается этой опорой; запишите ответ в research note релиза. Если вопроса нет — вычеркивайте пункт из рабочего списка.

Рабочий протокол для полки «право, этика и privacy» (U0197)

1. Выберите один claim пилота.
2. Найдите две опоры из списка выше.
3. Приложите полевой артефакт (лог/hash/ticket).
4. Зафиксируйте estimate vs measured.

Если шаг 2–3 не закрываются — claim снимается до следующего релиза.

Источники: экономика и рынок

Подборка источников и опорных рамок по теме «экономика и рынок» для команды Physical AI. Это не библиография «для красоты»: каждый пункт должен помогать проверить факт на полу или сформулировать критерии приёмки. Vendor-neutral: без рейтингов поставщиков.

Список опор

1. Unit economics шаблоны: cost per successful cycle.

Как применить: сформулируйте один проверяемый вопрос к вашей ячейке, который закрывается этой опорой; запишите ответ в research note релиза. Если вопроса нет — вычеркивайте пункт из рабочего списка.

2. TCO сравнения cell vs mobile vs humanoid на узком beachhead.

Как применить: сформулируйте один проверяемый вопрос к вашей ячейке, который закрывается этой опорой; запишите ответ в research note релиза. Если вопроса нет — вычеркивайте пункт из рабочего списка.

3. Аналитика teleop share как скрытого COGS.

Как применить: сформулируйте один проверяемый вопрос к вашей ячейке, который закрывается этой опорой; запишите ответ в research note релиза. Если вопроса нет — вычеркивайте пункт из рабочего списка.

4. Stage-gate наборы метрик для спонсора (one-pager).

Как применить: сформулируйте один проверяемый вопрос к вашей ячейке, который закрывается этой опорой; запишите ответ в research note релиза. Если вопроса нет — вычеркивайте пункт из рабочего списка.

5. Риски spare stockout и single-source sensors.

Как применить: сформулируйте один проверяемый вопрос к вашей ячейке, который закрывается этой опорой; запишите ответ в research note релиза. Если вопроса нет — вычеркивайте пункт из рабочего списка.

6. Ценообразование pilot vs series и искажение стимулов.

Как применить: сформулируйте один проверяемый вопрос к вашей ячейке, который закрывается этой опорой; запишите ответ в research note релиза. Если вопроса нет — вычеркивайте пункт из рабочего списка.

7. Second-site transfer costs (карта среды vs copy conf).

Как применить: сформулируйте один проверяемый вопрос к вашей ячейке, который закрывается этой опорой; запишите ответ в research note релиза. Если вопроса нет — вычеркивайте пункт из рабочего списка.

8. Support burden после GA как индикатор зрелости.

Как применить: сформулируйте один проверяемый вопрос к вашей ячейке, который закрывается этой опорой; запишите ответ в research note релиза. Если вопроса нет — вычеркивайте пункт из рабочего списка.

9. Дисквалификаторы тендера (safety/offline/rollback/teleop journal).

Как применить: сформулируйте один проверяемый вопрос к вашей ячейке, который закрывается этой опорой; запишите ответ в research note релиза. Если вопроса нет — вычеркивайте пункт из рабочего списка.

10. Чувствительность ROI к −success / +teleop.

Как применить: сформулируйте один проверяемый вопрос к вашей ячейке, который закрывается этой опорой; запишите ответ в research note релиза. Если вопроса нет — вычеркивайте пункт из рабочего списка.

Рабочий протокол для полки «экономика и рынок» (U0198)

1. Выберите один claim пилота.
2. Найдите две опоры из списка выше.
3. Приложите полевой артефакт (лог/hash/ticket).
4. Зафиксируйте estimate vs measured.

Если шаг 2–3 не закрываются — claim снимается до следующего релиза.

Источники: наборы данных и бенчмарки

Подборка источников и опорных рамок по теме «наборы данных и бенчмарки» для команды Physical AI. Это не библиография «для красоты»: каждый пункт должен помогать проверить факт на полу или сформулировать критерии приёмки. Vendor-neutral: без рейтингов поставщиков.

Список опор

1. Публичные manipulation datasets: что переносится на ваш SKU-класс (обычно мало).

Как применить: сформулируйте один проверяемый вопрос к вашей ячейке, который закрывается этой опорой; запишите ответ в research note релиза. Если вопроса нет — вычеркивайте пункт из рабочего списка.

2. Бенчмарки imitation/contact-rich: читайте protocol, не лидерборд.

Как применить: сформулируйте один проверяемый вопрос к вашей ячейке, который закрывается этой опорой; запишите ответ в research note релиза. Если вопроса нет — вычеркивайте пункт из рабочего списка.

3. Внутренний golden set полок сайта важнее внешнего рейтинга.

Как применить: сформулируйте один проверяемый во-

прос к вашей ячейке, который закрывается этой опорой; запишите ответ в research note релиза. Если вопроса нет — вычеркивайте пункт из рабочего списка.

4. Метрики coverage known-hard и rare abort codes.

Как применить: сформулируйте один проверяемый вопрос к вашей ячейке, который закрывается этой опорой; запишите ответ в research note релиза. Если вопроса нет — вычеркивайте пункт из рабочего списка.

5. Schema episode и обязательные поля для сравнимости.

Как применить: сформулируйте один проверяемый вопрос к вашей ячейке, который закрывается этой опорой; запишите ответ в research note релиза. Если вопроса нет — вычеркивайте пункт из рабочего списка.

6. Holdout by site/shift как анти-leak.

Как применить: сформулируйте один проверяемый вопрос к вашей ячейке, который закрывается этой опорой; запишите ответ в research note релиза. Если вопроса нет — вычеркивайте пункт из рабочего списка.

7. Запрет demo-only роликов в eval.

Как применить: сформулируйте один проверяемый вопрос к вашей ячейке, который закрывается этой опорой; запишите ответ в research note релиза. Если вопроса нет — вычеркивайте пункт из рабочего списка.

8. Версионирование таксономии лейблов вместе с датасетом.

Как применить: сформулируйте один проверяемый во-

прос к вашей ячейке, который закрывается этой опорой; запишите ответ в research note релиза. Если вопроса нет — вычеркивайте пункт из рабочего списка.

9. Лицензии данных и PII/video constraints.

Как применить: сформулируйте один проверяемый вопрос к вашей ячейке, который закрывается этой опорой; запишите ответ в research note релиза. Если вопроса нет — вычеркивайте пункт из рабочего списка.

10. Регресс-сьюты seeded scenes между релизами.

Как применить: сформулируйте один проверяемый вопрос к вашей ячейке, который закрывается этой опорой; запишите ответ в research note релиза. Если вопроса нет — вычеркивайте пункт из рабочего списка.

Рабочий протокол для полки «наборы данных и бенчмарки» (U0199)

1. Выберите один claim пилота.
2. Найдите две опоры из списка выше.
3. Приложите полевой артефакт (лог/hash/ticket).
4. Зафиксируйте estimate vs measured.

Если шаг 2–3 не закрываются — claim снимается до следующего релиза.

Источники: методика проверки фактов

Подборка источников и опорных рамок по теме «методика проверки фактов» для команды Physical AI. Это не библиография «для красоты»: каждый пункт должен помогать проверить факт на полу или сформулировать критерии приёмки. Vendor-neutral: без рейтингов поставщиков.

Список опор

1. Триангуляция: полевой лог ↔ конфиг hash ↔ CMDB запись.

Как применить: сформулируйте один проверяемый вопрос к вашей ячейке, который закрывается этой опорой; запишите ответ в research note релиза. Если вопроса нет — вычеркивайте пункт из рабочего списка.

2. Запрет цитировать demo-day как evidence серии.

Как применить: сформулируйте один проверяемый вопрос к вашей ячейке, который закрывается этой опорой; запишите ответ в research note релиза. Если вопроса нет — вычеркивайте пункт из рабочего списка.

3. Проверка age сенсоров и PTP offset перед выводом о «деградации модели».

Как применить: сформулируйте один проверяемый вопрос к вашей ячейке, который закрывается этой опорой; за-

пишите ответ в research note релиза. Если вопроса нет — вычеркивайте пункт из рабочего списка.

4. Связка success×teleop×SKU-mix против reward hacking.

Как применить: сформулируйте один проверяемый вопрос к вашей ячейке, который закрывается этой опорой; запишите ответ в research note релиза. Если вопроса нет — вычеркивайте пункт из рабочего списка.

5. Primary sources: стандарты и договор, не блог вендора.

Как применить: сформулируйте один проверяемый вопрос к вашей ячейке, который закрывается этой опорой; запишите ответ в research note релиза. Если вопроса нет — вычеркивайте пункт из рабочего списка.

6. Порог воспроизводимости: N смен / N ячеек до claim.

Как применить: сформулируйте один проверяемый вопрос к вашей ячейке, который закрывается этой опорой; запишите ответ в research note релиза. Если вопроса нет — вычеркивайте пункт из рабочего списка.

7. Red-team приёмки: ночь, glare, soft pouch, network drop.

Как применить: сформулируйте один проверяемый вопрос к вашей ячейке, который закрывается этой опорой; запишите ответ в research note релиза. Если вопроса нет — вычеркивайте пункт из рабочего списка.

8. Журнал change control как источник истины по среде.

Как применить: сформулируйте один проверяемый вопрос к вашей ячейке, который закрывается этой опорой; запишите ответ в research note релиза. Если вопроса нет — вы-

черкивайте пункт из рабочего списка.

9. Отделение estimate от measured в one-pager спонсору.

Как применить: сформулируйте один проверяемый вопрос к вашей ячейке, который закрывается этой опорой; запишите ответ в research note релиза. Если вопроса нет — вычеркивайте пункт из рабочего списка.

10. Postmortem packet completeness score (время до правды).

Как применить: сформулируйте один проверяемый вопрос к вашей ячейке, который закрывается этой опорой; запишите ответ в research note релиза. Если вопроса нет — вычеркивайте пункт из рабочего списка.

Рабочий протокол для полки «методика проверки фактов» (U0200)

1. Выберите один claim пилота.
2. Найдите две опоры из списка выше.
3. Приложите полевой артефакт (лог/hash/ticket).
4. Зафиксируйте estimate vs measured.

Если шаг 2–3 не закрываются — claim снимается до следующего релиза.

A1. Кейс: ночная приёмка на складе SKU A–C

Вымышленный складской пилот: SKU A–C, две смены. Дневное демо зелёное; ночь падает на бликах и другом WMS-приоритете. Acceptance без ночи — ложь.

Setup

Карта ограничений v0: свет lux estimates, зоны людей, out-of-scope хвост. Журнал teleop обязателен. Safety supervisor отдельно от политики хвата.

Ход пилота

Недели 1–2 supervised. Canary на A–B. Расширение до C только после teleop≤порога. Change control на перестановку стеллажа mid-pilot.

Метрики (estimates)

Success дня ~выше ночи на заметную дельту; teleop ночи растёт; near miss на проходе фиксируют. Полнота эпизодов падает в пике — чинят пайплайн до масштаба.

Разбор

Не «модель тупая», а карта и приёмка. Добавить ночной протокол в FAT/SAT. Запрет приёмки по demo-SKU дня.

Фокус этой главы (U0201)

Разбор «A1. Кейс: ночная приёмка на складе SKU A–C» держится на фасете canary halt. Соседние кейсы могут зву-

чать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0201 первичная гипотеза — canary halt. Проверка: сравнить calib_drift_px и p95_latency_ms до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0201_TELEOP_HIDDEN — owner OT, secondary ML

— U0201_HASH_MISSING — owner integration, secondary vendor field

— U0201_LATENCY_BUDGET — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— calib_drift_px — drift target board, px; порог-кандидатоперации: 31 (уточняется на FAT ячейки U0201).

— p95_latency_ms — p95 hot path; порог-кандидатоперации: 31 (уточняется на FAT ячейки U0201).

— success_night — доля успешных циклов ночью; порог-кандидатоперации: 30 (уточняется на FAT ячейки U0201).

— stockout_hours — часы простоя из-за spare; порог-кандидатоперации: 31 (уточняется на FAT ячейки U0201).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0201 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «canary halt» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, calib_drift_px, success_night, teleop_flag.

4. Если p95_latency_ms хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0201 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про canary halt

— [ ] Коды U0201_TELEOP_HIDDEN, U0201_HASH_MISSING в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает calib_drift_px и p95_latency_ms

— [ ] Тест отказа U0201 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «A1. Кейс: ночная приёмка на складе SKU A–C».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0201 роликом demo-day.

Короткий вывод

«A1. Кейс: ночная приёмка на складе SKU A–C» закрывается, когда фасет canary halt измерим, коды abort назначе-

ны и canary умеет остановиться. Юнит U0201 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

A2. Кейс: потеря калибровки после смены крепления камеры

Field «чуть подтянул кронштейн» без ticket. Residual вырос, политика уверена, damage упаковки растёт.

След

Config hash тот же, extrinsic нет. Batch камеры смешан. Нет числового отчёта калибровки в gate.

Лечение

Запрет ручного edit. Калибровка числами. Alternate firmware batch. Регресс known-hard. Change ticket на крепёж = регресс perception.

Фокус этой главы (U0202)

Разбор «A2. Кейс: потеря калибровки после смены крепления камеры» держится на фасете словарь метрик. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0202 первичная гипотеза — словарь метрик. Проверка: сравнить teleop_share и p95_latency_ms до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0202_HASH_MISSING — owner OT, secondary ML

— U0202_LATENCY_BUDGET — owner integration, secondary vendor field

— U0202_SENSOR_AGE — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— teleop_share — доля циклов с teleop; порог-кандидатоперации: 42 (уточняется на FAT ячейки U0202).

— p95_latency_ms — p95 hot path; порог-кандидатоперации: 6 (уточняется на FAT ячейки U0202).

— age_p95_ms — p95 age сенсора в политике; порог-кандидатоперации: 38 (уточняется на FAT ячейки U0202).

— incomplete_ep — доля эпизодов без обязательных полей; порог-кандидатоперации: 44 (уточняется на FAT ячейки U0202).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0202 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «словарь метрик» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, teleop_share, age_p95_ms, teleop_flag.

4. Если p95_latency_ms хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0202 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про словарь метрик

— [ ] Коды U0202_HASH_MISSING, U0202_LATENCY_BUDGET в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает teleop_share и p95_latency_ms

— [ ] Тест отказа U0202 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «A2. Кейс: потеря калибровки после смены крепления камеры».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0202 роликом demo-day.

Короткий вывод

«A2. Кейс: потеря калибровки после смены крепления камеры» закрывается, когда фасет словарь метрик измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0202 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

A3. Кейс: скрытый teleop и обвал после текучки операторов

KPI success зелёный за счёт незалогированных вмешательств. Уход двух операторов — обвал «автономии».

Диагностика

Сравнить teleop FTE с журналом. Сегменты смен. Стимулы: премия только за success без teleop.

Контрмеры

Обязательный журнал причин. Аудит смены. Запрет бонусов без teleop share. Обучение backfill до масштаба.

Фокус этой главы (U0203)

Разбор «A3. Кейс: скрытый teleop и обвал после текучки операторов» держится на фасете age/skew сенсоров. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0203 первичная гипотеза — age/skew сенсоров. Проверка: сравнить teleop_share и mtt_truth_min до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0203_LATENCY_BUDGET — owner OT, secondary

ML

— U0203_SENSOR_AGE — owner integration, secondary vendor field

— U0203_FORCE_MUTE — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— teleop_share — доля циклов с teleop; порог-кандидатоперации: 25 (уточняется на FAT ячейки U0203).

— mtt_truth_min — минуты до полного пакета логов; порог-кандидатоперации: 28 (уточняется на FAT ячейки U0203).

— success_night — доля успешных циклов ночью; порог-кандидатоперации: 28 (уточняется на FAT ячейки U0203).

— support_h_cell — часы поддержки / ячейка / неделя; порог-кандидатоперации: 31 (уточняется на FAT ячейки U0203).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0203 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «age/skew сенсоров» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, teleop_share, success_night, teleop_flag.

4. Если mtt_truth_min хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0203 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про age/skew сенсоров

— [ ] Коды U0203_LATENCY_BUDGET, U0203_SENSOR_AGE в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает teleop_share и mtt_truth_min

— [ ] Тест отказа U0203 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «A3. Кейс: скрытый teleop и обвал после текучки операторов».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0203 роликом demo-day.

Короткий вывод

«A3. Кейс: скрытый teleop и обвал после текучки операторов» закрывается, когда фасет age/skew сенсоров измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0203 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

A4. Кейс: второй сайт без SAT-процедуры

Copy conf на сайт B. Другой свет/EMI/Wi-Fi. Success↓ teleop↑. BD давит OTA.

Правильный ход

Стоп копирования. Карта заново. Сузить SKU. Canary. Не общий OTA на A+B.

Фокус этой главы (U0204)

Разбор «A4. Кейс: второй сайт без SAT-процедуры» держится на фасете anti-pattern catalogue. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0204 первичная гипотеза — anti-pattern catalogue. Проверка: сравнить age_p95_ms и stockout_hours до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0204_TELEOP_HIDDEN — owner OT, secondary ML

— U0204_HASH_MISSING — owner integration, secondary vendor field

— U0204_LATENCY_BUDGET — owner safety/

compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— age_p95_ms — p95 age сенсора в политике; порог-кандидатоперации: 37 (уточняется на FAT ячейки U0204).

— stockout_hours — часы простоя из-за spare; порог-кандидатоперации: 13 (уточняется на FAT ячейки U0204).

— success_night — доля успешных циклов ночью; порог-кандидатоперации: 9 (уточняется на FAT ячейки U0204).

— near_miss — near miss / 1000 циклов; порог-кандидатоперации: 33 (уточняется на FAT ячейки U0204).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0204 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «anti-pattern catalogue» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, age_p95_ms, success_night, teleop_flag.

4. Если stockout_hours хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0204 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про anti-pattern catalogue

— [ ] Коды U0204_TELEOP_HIDDEN,

U0204_HASH_MISSING в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает age_p95_ms и stockout_hours

— [ ] Тест отказа U0204 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «A4. Кейс: второй сайт без SAT-процедуры».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0204 роликом demo-day.

Короткий вывод

«A4. Кейс: второй сайт без SAT-процедуры» закрывается, когда фасет anti-pattern catalogue измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0204 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

A5. Кейс: OTA в пятницу и ложный «тихий хотфикс»

Пятничный OTA без canary. «Тихий хотфикс» поверх инцидента стирает улики.

Процесс

Окно, дежурство, canary две ячейки, rollback артефакт, запрет фикса без заморозки логов 24ч.

Фокус этой главы (U0205)

Разбор «A5. Кейс: OTA в пятницу и ложный «тихий хотфикс»» держится на фасете fleet spare kit. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0205 первичная гипотеза — fleet spare kit. Проверка: сравнить support_h_cell и p95_latency_ms до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0205_WMS_DUP_CMD — owner OT, secondary ML

— U0205_PRIVACY_RAW — owner integration, secondary vendor field

— U0205_SPARE_STOCKOUT — owner safety/

compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— support_h_cell — часы поддержки / ячейка / неделя; порог-кандидатоперации: 32 (уточняется на FAT ячейки U0205).

— p95_latency_ms — p95 hot path; порог-кандидатоперации: 32 (уточняется на FAT ячейки U0205).

— age_p95_ms — p95 age сенсора в политике; порог-кандидатоперации: 12 (уточняется на FAT ячейки U0205).

— teleop_share — доля циклов с teleop; порог-кандидатоперации: 22 (уточняется на FAT ячейки U0205).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0205 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «fleet spare kit» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, support_h_cell, age_p95_ms, teleop_flag.

4. Если p95_latency_ms хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0205 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про fleet spare kit

— [ ] Коды U0205_WMS_DUP_CMD, U0205_PRIVACY_RAW в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает support_h_cell и p95_latency_ms

— [ ] Тест отказа U0205 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «A5. Кейс: OTA в пятницу и ложный «тихий хотфикс»».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0205 роликом demo-day.

Короткий вывод

«A5. Кейс: OTA в пятницу и ложный «тихий хотфикс»» закрывается, когда фасет fleet spare kit измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0205 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

A6. Кейс: интеграция WMS и идемпотентность команд

Двойные задания из WMS, робот хватает дважды. Raw video в ERP не нужен.

Контракт

Идемпотентные command id. Статусы ячейки. Интеграционный стенд. Тест повторной доставки события.

Фокус этой главы (U0206)

Разбор «A6. Кейс: интеграция WMS и идемпотентность команд» держится на фасете dual-use screening. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0206 первичная гипотеза — dual-use screening. Проверка: сравнить support_h_cell и near_miss до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0206_PRIVACY_RAW — owner OT, secondary ML

— U0206_SPARE_STOCKOUT — owner integration, secondary vendor field

— U0206_PERCEPTION_GLARE — owner safety/

compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— support_h_cell — часы поддержки / ячейка / неделя; порог-кандидатоперации: 17 (уточняется на FAT ячейки U0206).

— near_miss — near miss / 1000 циклов; порог-кандидатоперации: 27 (уточняется на FAT ячейки U0206).

— p95_latency_ms — p95 hot path; порог-кандидатоперации: 17 (уточняется на FAT ячейки U0206).

— age_p95_ms — p95 age сенсора в политике; порог-кандидатоперации: 33 (уточняется на FAT ячейки U0206).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0206 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «dual-use screening» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, support_h_cell, p95_latency_ms, teleop_flag.

4. Если near_miss хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0206 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про dual-use screening

— [ ] Коды U0206_PRIVACY_RAW,

U0206_SPARE_STOCKOUT в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает support_h_cell и near_miss

— [ ] Тест отказа U0206 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «A6. Кейс: интеграция WMS и идемпотентность команд».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0206 роликом demo-day.

Короткий вывод

«A6. Кейс: интеграция WMS и идемпотентность команд» закрывается, когда фасет dual-use screening измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0206 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

A7. Кейс: near miss с человеком в проходе AMR

AMR near miss в общем проходе. Person-detect сработал поздно; кто-то мутил алерт.

Разбор

Safety канал, запрет mute, FOV/occlusion в карте, постмортем 24ч, тест miss-person на локальных силуэтах.

Фокус этой главы (U0207)

Разбор «A7. Кейс: near miss с человеком в проходе AMR» держится на фасете сегментные метрики смен. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0207 первичная гипотеза — сегментные метрики смен. Проверка: сравнить mtt_truth_min и calib_drift_px до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0207_SPARE_STOCKOUT — owner OT, secondary ML

— U0207_PERCEPTION_GLARE — owner integration,

secondary vendor field

— U0207_TF_DRIFT — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— mtt_truth_min — минуты до полного пакета логов; порог-кандидатоперации: 5 (уточняется на FAT ячейки U0207).

— calib_drift_px — drift target board, px; порог-кандидатоперации: 12 (уточняется на FAT ячейки U0207).

— p95_latency_ms — p95 hot path; порог-кандидатоперации: 12 (уточняется на FAT ячейки U0207).

— stockout_hours — часы простоя из-за spare; порог-кандидатоперации: 12 (уточняется на FAT ячейки U0207).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0207 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «сегментные метрики смен» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, mtt_truth_min, p95_latency_ms, teleop_flag.

4. Если calib_drift_px хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0207 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про сегментные метрики смен

— [ ] Коды U0207_SPARE_STOCKOUT, U0207_PERCEPTION_GLARE в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает mtt_truth_min и calib_drift_px

— [ ] Тест отказа U0207 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «A7. Кейс: near miss с человеком в проходе AMR».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0207 роликом demo-day.

Короткий вывод

«A7. Кейс: near miss с человеком в проходе AMR» закрывается, когда фасет сегментные метрики смен измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0207 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

A8. Кейс: RaaS-спор про простой и data rights

Спор: чей простой — модель или Wi-Fi заказчика. Нет экспорта эпизодов.

Договор

Классы простоя, service credits, data rights/export, exit из RaaS, полнота логов как условие бонуса.

Фокус этой главы (U0208)

Разбор «A8. Кейс: RaaS-спор про простой и data rights» держится на фасете privacy purpose tags. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0208 первичная гипотеза — privacy purpose tags. Проверка: сравнить calib_drift_px и stockout_hours до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0208_HASH_MISSING — owner OT, secondary ML

— U0208_LATENCY_BUDGET — owner integration, secondary vendor field

— U0208_SENSOR_AGE — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— calib_drift_px — drift target board, px; порог-кандидатоперации: 30 (уточняется на FAT ячейки U0208).

— stockout_hours — часы простоя из-за spare; порог-кандидатоперации: 30 (уточняется на FAT ячейки U0208).

— near_miss — near miss / 1000 циклов; порог-кандидатоперации: 30 (уточняется на FAT ячейки U0208).

— age_p95_ms — p95 age сенсора в политике; порог-кандидатоперации: 38 (уточняется на FAT ячейки U0208).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0208 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «privacy purpose tags» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, calib_drift_px, near_miss, teleop_flag.

4. Если stockout_hours хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0208 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про privacy purpose tags

— [ ] Коды U0208_HASH_MISSING, U0208_LATENCY_BUDGET в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает calib_drift_px и

stockout_hours

— [ ] Тест отказа U0208 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «A8. Кейс: RaaS-спор про простой и data rights».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0208 роликом demo-day.

Короткий вывод

«A8. Кейс: RaaS-спор про простой и data rights» закрывается, когда фасет privacy purpose tags измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0208 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

A9. Кейс: sim-to-real на мягкой упаковке

Sim гладкий, поле — мягкая плёнка и трение. Политика рвёт упаковку.

Практика

Residual на сайте. Когда не тратить sim. Force limits не отключать «чтобы модель училась».

Фокус этой главы (U0209)

Разбор «A9. Кейс: sim-to-real на мягкой упаковке» держится на фасете калибровка и TF drift. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0209 первичная гипотеза — калибровка и TF drift. Проверка: сравнить support_h_cell и p95_latency_ms до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0209_WMS_DUP_CMD — owner OT, secondary ML

— U0209_PRIVACY_RAW — owner integration, secondary vendor field

— U0209_SPARE_STOCKOUT — owner safety/

compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— support_h_cell — часы поддержки / ячейка / неделя; порог-кандидатоперации: 8 (уточняется на FAT ячейки U0209).

— p95_latency_ms — p95 hot path; порог-кандидатоперации: 8 (уточняется на FAT ячейки U0209).

— near_miss — near miss / 1000 циклов; порог-кандидатоперации: 43 (уточняется на FAT ячейки U0209).

— teleop_share — доля циклов с teleop; порог-кандидатоперации: 30 (уточняется на FAT ячейки U0209).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0209 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «калибровка и TF drift» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, support_h_cell, near_miss, teleop_flag.

4. Если p95_latency_ms хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0209 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про калибровка и TF drift

— [ ] Коды U0209_WMS_DUP_CMD,

U0209_PRIVACY_RAW в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает support_h_cell и p95_latency_ms

— [ ] Тест отказа U0209 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «A9. Кейс: sim-to-real на мягкой упаковке».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0209 роликом demo-day.

Короткий вывод

«A9. Кейс: sim-to-real на мягкой упаковке» закрывается, когда фасет калибровка и TF drift измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0209 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

A10. Кейс: выбор морфологии — ячейка vs гуманоид

Decision record: гуманоид vs ячейка+AMR. TCO 24 мес как estimate.

Когда форма не нужна

Стабильный конвейер, узкий SKU. Скрытая цена баланса/сервиса. Альтернативы отвергнуты письменно.

Фокус этой главы (U0210)

Разбор «A10. Кейс: выбор морфологии — ячейка vs гуманоид» держится на фасете latency hot path. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0210 первичная гипотеза — latency hot path. Проверка: сравнить calib_drift_px и success_night до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0210_TF_DRIFT — owner OT, secondary ML

— U0210_TELEOP_HIDDEN — owner integration, secondary vendor field

— U0210_HASH_MISSING — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— calib_drift_px — drift target board, px; порог-кандидатоперации: 26 (уточняется на FAT ячейки U0210).

— success_night — доля успешных циклов ночью; порог-кандидатоперации: 16 (уточняется на FAT ячейки U0210).

— p95_latency_ms — p95 hot path; порог-кандидатоперации: 26 (уточняется на FAT ячейки U0210).

— incomplete_ep — доля эпизодов без обязательных полей; порог-кандидатоперации: 16 (уточняется на FAT ячейки U0210).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0210 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «latency hot path» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, calib_drift_px, p95_latency_ms, teleop_flag.

4. Если success_night хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0210 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про latency hot path

— [ ] Коды U0210_TF_DRIFT,

U0210_TELEOP_HIDDEN в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает calib_drift_px и success_night

— [ ] Тест отказа U0210 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «A10. Кейс: выбор морфологии — ячейка vs гуманоид».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0210 роликом demo-day.

Короткий вывод

«A10. Кейс: выбор морфологии — ячейка vs гуманоид» закрывается, когда фасет latency hot path измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0210 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

B1. Постмортем-шаблон Physical AI (полный)

Шаблон: лента времени, hash, версии, команды, safety, гипотезы, отвергнутое, actions, тест canary, обновление карты.

Пример заполнения

Вымышленный abort loss-of-track. Без теста — театр. Владелец и срок обязательны.

Фокус этой главы (U0211)

Разбор «B1. Постмортем-шаблон Physical AI (полный)» держится на фасете WMS идемпотентность. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0211 первичная гипотеза — WMS идемпотентность. Проверка: сравнить stockout_hours и age_p95_ms до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0211_FORCE_MUTE — owner OT, secondary ML

— U0211_WMS_DUP_CMD — owner integration, secondary vendor field

— U0211_PRIVACY_RAW — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— stockout_hours — часы простоя из-за spare; порог-кандидатоперации: 15 (уточняется на FAT ячейки U0211).

— age_p95_ms — p95 age сенсора в политике; порог-кандидатоперации: 11 (уточняется на FAT ячейки U0211).

— support_h_cell — часы поддержки / ячейка / неделя; порог-кандидатоперации: 15 (уточняется на FAT ячейки U0211).

— incomplete_ep — доля эпизодов без обязательных полей; порог-кандидатоперации: 44 (уточняется на FAT ячейки U0211).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0211 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «WMS идемпотентность» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, stockout_hours, support_h_cell, teleop_flag.

4. Если age_p95_ms хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0211 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про WMS идемпотентность

— [ ] Коды U0211_FORCE_MUTE,

U0211_WMS_DUP_CMD в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает stockout_hours и age_p95_ms

— [ ] Тест отказа U0211 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «B1. Постмортем-шаблон Physical AI (полный)».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0211 роликом demo-day.

Короткий вывод

«B1. Постмортем-шаблон Physical AI (полный)» закрывается, когда фасет WMS идемпотентность измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0211 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

B2. Разбор: рост success при росте teleop

Правило: success↑+teleop↑ = стоп масштаба. Сегменты SKU/смен. Искать скрытый teleop и сдвиг среды.

Фокус этой главы (U0212)

Разбор «B2. Разбор: рост success при росте teleop» держится на фасете RACI кодов abort. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0212 первичная гипотеза — RACI кодов abort. Проверка: сравнить support_h_cell и age_p95_ms до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0212_WMS_DUP_CMD — owner OT, secondary ML

— U0212_PRIVACY_RAW — owner integration, secondary vendor field

— U0212_SPARE_STOCKOUT — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— support_h_cell — часы поддержки / ячейка / неделя; порог-кандидатоперации: 30 (уточняется на FAT ячейки U0212).

— age_p95_ms — p95 age сенсора в политике; порог-кандидатоперации: 22 (уточняется на FAT ячейки U0212).

— mtt_truth_min — минуты до полного пакета логов; порог-кандидатоперации: 18 (уточняется на FAT ячейки U0212).

— near_miss — near miss / 1000 циклов; порог-кандидатоперации: 10 (уточняется на FAT ячейки U0212).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0212 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «RACI кодов abort» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, support_h_cell, mtt_truth_min, teleop_flag.

4. Если age_p95_ms хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0212 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про RACI кодов abort

— [ ] Коды U0212_WMS_DUP_CMD, U0212_PRIVACY_RAW в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает support_h_cell и

age_p95_ms

— [ ] Тест отказа U0212 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «B2. Разбор: рост success при росте teleop».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0212 роликом demo-day.

Короткий вывод

«B2. Разбор: рост success при росте teleop» закрывается, когда фасет RACI кодов abort измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0212 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

B3. Разбор: эпизоды без config hash

Эпизоды без hash отравляют train и triage. Data contract: hash обязателен. QC отбраковка. CMDB сверка.

Фокус этой главы (U0213)

Разбор «B3. Разбор: эпизоды без config hash» держится на фасете fleet spare kit. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0213 первичная гипотеза — fleet spare kit. Проверка: сравнить incomplete_ep и support_h_cell до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0213_WMS_DUP_CMD — owner OT, secondary ML

— U0213_PRIVACY_RAW — owner integration, secondary vendor field

— U0213_SPARE_STOCKOUT — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— incomplete_ep — доля эпизодов без обязательных полей; порог-кандидатоперации: 11 (уточняется на FAT ячейки U0213).

— support_h_cell — часы поддержки / ячейка / неделя; порог-кандидатоперации: 24 (уточняется на FAT ячейки U0213).

— near_miss — near miss / 1000 циклов; порог-кандидатоперации: 39 (уточняется на FAT ячейки U0213).

— p95_latency_ms — p95 hot path; порог-кандидатоперации: 24 (уточняется на FAT ячейки U0213).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0213 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «fleet spare kit» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, incomplete_ep, near_miss, teleop_flag.

4. Если support_h_cell хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0213 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про fleet spare kit

— [ ] Коды U0213_WMS_DUP_CMD, U0213_PRIVACY_RAW в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает incomplete_ep и support_h_cell

— [ ] Тест отказа U0213 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «B3. Разбор: эпизоды без config hash».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0213 роликом demo-day.

Короткий вывод

«B3. Разбор: эпизоды без config hash» закрывается, когда фасет fleet spare kit измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0213 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

B4. Разбор: концентрация на одном поставщике камер

Silent revision матрицы. Лимит концентрации. Alternate с тем же пайплайном. Уведомление batch в договоре поставки.

Фокус этой главы (U0214)

Разбор «B4. Разбор: концентрация на одном поставщике камер» держится на фасете RACI кодов abort. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0214 первичная гипотеза — RACI кодов abort. Проверка: сравнить p95_latency_ms и success_night до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0214_PERCEPTION_GLARE — owner OT, secondary ML

— U0214_TF_DRIFT — owner integration, secondary vendor field

— U0214_TELEOP_HIDDEN — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— p95_latency_ms — p95 hot path; порог-кандидатоперации: 41 (уточняется на FAT ячейки U0214).

— success_night — доля успешных циклов ночью; порог-кандидатоперации: 27 (уточняется на FAT ячейки U0214).

— mtt_truth_min — минуты до полного пакета логов; порог-кандидатоперации: 27 (уточняется на FAT ячейки U0214).

— teleop_share — доля циклов с teleop; порог-кандидатоперации: 13 (уточняется на FAT ячейки U0214).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0214 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «RACI кодов abort» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, p95_latency_ms, mtt_truth_min, teleop_flag.

4. Если success_night хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0214 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про RACI кодов abort

— [ ] Коды U0214_PERCEPTION_GLARE, U0214_TF_DRIFT в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает p95_latency_ms и

success_night

— [ ] Тест отказа U0214 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «B4. Разбор: концентрация на одном поставщике камер».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0214 роликом demo-day.

Короткий вывод

«B4. Разбор: концентрация на одном поставщике камер» закрывается, когда фасет RACI кодов abort измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0214 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

B5. Разбор: штрафной пилот и ложь в метриках

Штрафы серии на пилоте → прячут abort. Learning KPI, штрафы только safety/ложь отчётности.

Фокус этой главы (U0215)

Разбор «B5. Разбор: штрафной пилот и ложь в метриках» держится на фасете canary halt. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0215 первичная гипотеза — canary halt. Проверка: сравнить incomplete_ep и mtt_truth_min до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0215_SENSOR_AGE — owner OT, secondary ML

— U0215_FORCE_MUTE — owner integration, secondary vendor field

— U0215_WMS_DUP_CMD — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— incomplete_ep — доля эпизодов без обязательных по-

лей; порог-кандидатоперации: 25 (уточняется на FAT ячейки U0215).

— mtt_truth_min — минуты до полного пакета логов; порог-кандидатоперации: 25 (уточняется на FAT ячейки U0215).

— support_h_cell — часы поддержки / ячейка / неделя; порог-кандидатоперации: 40 (уточняется на FAT ячейки U0215).

— calib_drift_px — drift target board, px; порог-кандидатоперации: 40 (уточняется на FAT ячейки U0215).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0215 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «canary halt» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, incomplete_ep, support_h_cell, teleop_flag.

4. Если mtt_truth_min хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0215 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про canary halt

— [ ] Коды U0215_SENSOR_AGE, U0215_FORCE_MUTE в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает incomplete_ep и mtt_truth_min

— [ ] Тест отказа U0215 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «B5. Разбор: штрафной пилот и ложь в метриках».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0215 роликом demo-day.

Короткий вывод

«B5. Разбор: штрафной пилот и ложь в метриках» закрывается, когда фасет canary halt измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0215 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

C1. Deep dive: latency budget hot path

Бюджет p95 по слоям. Измерение на FAT. Cloud вне контакта. Backpressure и degraded mode.

Фокус этой главы (U0216)

Разбор «C1. Deep dive: latency budget hot path» держится на фасете force limits. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0216 первичная гипотеза — force limits. Проверка: сравнить teleop_share и incomplete_ep до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0216_HASH_MISSING — owner OT, secondary ML

— U0216_LATENCY_BUDGET — owner integration, secondary vendor field

— U0216_SENSOR_AGE — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— teleop_share — доля циклов с teleop; порог-кандидатоперации: 20 (уточняется на FAT ячейки U0216).

— incomplete_ep — доля эпизодов без обязательных полей; порог-кандидатоперации: 36 (уточняется на FAT ячей-

ки U0216).

— success_night — доля успешных циклов ночью; порог-кандидатоперации: 36 (уточняется на FAT ячейки U0216).

— calib_drift_px — drift target board, px; порог-кандидатоперации: 12 (уточняется на FAT ячейки U0216).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0216 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «force limits» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, teleop_share, success_night, teleop_flag.

4. Если incomplete_ep хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0216 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про force limits

— [ ] Коды U0216_HASH_MISSING, U0216_LATENCY_BUDGET в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает teleop_share и incomplete_ep

— [ ] Тест отказа U0216 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «C1. Deep dive: latency budget hot path».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0216 роликом demo-day.

Короткий вывод

«C1. Deep dive: latency budget hot path» закрывается, когда фасет force limits измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0216 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

C2. Deep dive: age сенсоров в политике

Политика читает age сенсоров. Игнор age → уверенная ошибка. Мониторы и пороги canary. Teleop UI показывает age и delay.

Минимум

Владелец, метрика, тест отказа, near miss с действием.

Фокус этой главы (U0217)

Разбор «C2. Deep dive: age сенсоров в политике» держится на фасете latency hot path. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0217 первичная гипотеза — latency hot path. Проверка: сравнить incomplete_ep и support_h_cell до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0217_FORCE_MUTE — owner OT, secondary ML

— U0217_WMS_DUP_CMD — owner integration, secondary vendor field

— U0217_PRIVACY_RAW — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— incomplete_ep — доля эпизодов без обязательных полей; порог-кандидатоперации: 22 (уточняется на FAT ячейки U0217).

— support_h_cell — часы поддержки / ячейка / неделя; порог-кандидатоперации: 39 (уточняется на FAT ячейки U0217).

— near_miss — near miss / 1000 циклов; порог-кандидатоперации: 34 (уточняется на FAT ячейки U0217).

— age_p95_ms — p95 age сенсора в политике; порог-кандидатоперации: 11 (уточняется на FAT ячейки U0217).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0217 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «latency hot path» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, incomplete_ep, near_miss, teleop_flag.

4. Если support_h_cell хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0217 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про latency hot path

— [ ] Коды U0217_FORCE_MUTE, U0217_WMS_DUP_CMD в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает incomplete_ep и support_h_cell

— [ ] Тест отказа U0217 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «C2. Deep dive: age сенсоров в политике».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0217 роликом demo-day.

Короткий вывод

«C2. Deep dive: age сенсоров в политике» закрывается, когда фасет latency hot path измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0217 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

C3. Deep dive: словарь кодов abort и runbook

Таксономия кодов → действие смены. Аудит дрейфа кодов. Словарь в git с релизом. Запрет «low confidence» без next step.

Минимум

Владелец, метрика, тест отказа, near miss с действием.

Фокус этой главы (U0218)

Разбор «C3. Deep dive: словарь кодов abort и runbook» держится на фасете штрафной пилот. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0218 первичная гипотеза — штрафной пилот. Проверка: сравнить incomplete_ep и stockout_hours до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0218_SENSOR_AGE — owner OT, secondary ML

— U0218_FORCE_MUTE — owner integration, secondary vendor field

— U0218_WMS_DUP_CMD — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— incomplete_ep — доля эпизодов без обязательных полей; порог-кандидатоперации: 34 (уточняется на FAT ячейки U0218).

— stockout_hours — часы простоя из-за spare; порог-кандидатоперации: 12 (уточняется на FAT ячейки U0218).

— near_miss — near miss / 1000 циклов; порог-кандидатоперации: 42 (уточняется на FAT ячейки U0218).

— p95_latency_ms — p95 hot path; порог-кандидатоперации: 12 (уточняется на FAT ячейки U0218).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0218 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «штрафной пилот» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, incomplete_ep, near_miss, teleop_flag.

4. Если stockout_hours хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0218 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про штрафной пилот

— [ ] Коды U0218_SENSOR_AGE, U0218_FORCE_MUTE в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает incomplete_ep и stockout_hours

— [ ] Тест отказа U0218 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «C3. Deep dive: словарь кодов abort и runbook».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0218 роликом demo-day.

Короткий вывод

«C3. Deep dive: словарь кодов abort и runbook» закрывается, когда фасет штрафной пилот измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0218 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

C4. Deep dive: CMDB робота и software train

Поля CMDB, лимит LTS/canary/hotfix, EOL железа vs модели, sustaining quota, sundown пилотов.

Минимум

Владелец, метрика, тест отказа, near miss с действием.

Фокус этой главы (U0219)

Разбор «C4. Deep dive: CMDB робота и software train» держится на фасете RACI кодов abort. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0219 первичная гипотеза — RACI кодов abort. Проверка: сравнить mtt_truth_min и support_h_cell до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0219_PRIVACY_RAW — owner OT, secondary ML

— U0219_SPARE_STOCKOUT — owner integration, secondary vendor field

— U0219_PERCEPTION_GLARE — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— mtt_truth_min — минуты до полного пакета логов; порог-кандидатоперации: 10 (уточняется на FAT ячейки U0219).

— support_h_cell — часы поддержки / ячейка / неделя; порог-кандидатоперации: 29 (уточняется на FAT ячейки U0219).

— p95_latency_ms — p95 hot path; порог-кандидатоперации: 29 (уточняется на FAT ячейки U0219).

— age_p95_ms — p95 age сенсора в политике; порог-кандидатоперации: 33 (уточняется на FAT ячейки U0219).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0219 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «RACI кодов abort» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, mtt_truth_min, p95_latency_ms, teleop_flag.

4. Если support_h_cell хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0219 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про RACI кодов abort

— [ ] Коды U0219_PRIVACY_RAW,

U0219_SPARE_STOCKOUT в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает mtt_truth_min и support_h_cell

— [ ] Тест отказа U0219 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «C4. Deep dive: CMDB робота и software train».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0219 роликом demo-day.

Короткий вывод

«C4. Deep dive: CMDB робота и software train» закрывается, когда фасет RACI кодов abort измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0219 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

C5. Deep dive: purpose tags и privacy pipeline

Purpose tags, TTL raw, redaction лиц, audit выгрузок, DPA для remote abroad, запрет train из debug silently.

Минимум

Владелец, метрика, тест отказа, near miss с действием.

Фокус этой главы (U0220)

Разбор «C5. Deep dive: purpose tags и privacy pipeline» держится на фасете anti-pattern catalogue. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0220 первичная гипотеза — anti-pattern catalogue. Проверка: сравнить age_p95_ms и stockout_hours до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0220_HASH_MISSING — owner OT, secondary ML

— U0220_LATENCY_BUDGET — owner integration, secondary vendor field

— U0220_SENSOR_AGE — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— age_p95_ms — p95 age сенсора в политике; порог-кандидатоперации: 38 (уточняется на FAT ячейки U0220).

— stockout_hours — часы простоя из-за spare; порог-кандидатоперации: 38 (уточняется на FAT ячейки U0220).

— success_night — доля успешных циклов ночью; порог-кандидатоперации: 18 (уточняется на FAT ячейки U0220).

— near_miss — near miss / 1000 циклов; порог-кандидатоперации: 18 (уточняется на FAT ячейки U0220).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0220 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «anti-pattern catalogue» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, age_p95_ms, success_night, teleop_flag.

4. Если stockout_hours хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0220 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про anti-pattern catalogue

— [ ] Коды U0220_HASH_MISSING, U0220_LATENCY_BUDGET в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает age_p95_ms и

stockout_hours

— [ ] Тест отказа U0220 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «C5. Deep dive: purpose tags и privacy pipeline».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0220 роликом demo-day.

Короткий вывод

«C5. Deep dive: purpose tags и privacy pipeline» закрывается, когда фасет anti-pattern catalogue измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0220 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

C6. Deep dive: FAT/SAT протоколы с числами

Протоколы с допусками residual, cold start, EMI, known-hard, latency p95, safety channels. Красный блокирует отгрузку/canary.

Минимум

Владелец, метрика, тест отказа, near miss с действием.

Фокус этой главы (U0221)

Разбор «C6. Deep dive: FAT/SAT протоколы с числами» держится на фасете WMS идемпотентность. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0221 первичная гипотеза — WMS идемпотентность. Проверка: сравнить success_night и calib_drift_px до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0221_TF_DRIFT — owner OT, secondary ML

— U0221_TELEOP_HIDDEN — owner integration, secondary vendor field

— U0221_HASH_MISSING — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— success_night — доля успешных циклов ночью; порог-кандидатоперации: 29 (уточняется на FAT ячейки U0221).

— calib_drift_px — drift target board, px; порог-кандидатоперации: 10 (уточняется на FAT ячейки U0221).

— stockout_hours — часы простоя из-за spare; порог-кандидатоперации: 10 (уточняется на FAT ячейки U0221).

— incomplete_ep — доля эпизодов без обязательных полей; порог-кандидатоперации: 29 (уточняется на FAT ячейки U0221).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0221 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «WMS идемпотентность» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, success_night, stockout_hours, teleop_flag.

4. Если calib_drift_px хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0221 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про WMS идемпотентность

— [ ] Коды U0221_TF_DRIFT,

U0221_TELEOP_HIDDEN в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает success_night и calib_drift_px

— [ ] Тест отказа U0221 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «C6. Deep dive: FAT/SAT протоколы с числами».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0221 роликом demo-day.

Короткий вывод

«C6. Deep dive: FAT/SAT протоколы с числами» закрывается, когда фасет WMS идемпотентность измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0221 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

C7. Deep dive: force limits и ML policies

Force limits в supervisor. Политика не снимает лимиты. Стенд контакта. Watchdog heartbeat ML/control.

Минимум

Владелец, метрика, тест отказа, near miss с действием.

Фокус этой главы (U0222)

Разбор «C7. Deep dive: force limits и ML policies» держится на фасете acceptance criteria. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0222 первичная гипотеза — acceptance criteria. Проверка: сравнить support_h_cell и mtt_truth_min до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0222_WMS_DUP_CMD — owner OT, secondary ML

— U0222_PRIVACY_RAW — owner integration, secondary vendor field

— U0222_SPARE_STOCKOUT — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— support_h_cell — часы поддержки / ячейка / неделя; порог-кандидатоперации: 20 (уточняется на FAT ячейки U0222).

— mtt_truth_min — минуты до полного пакета логов; порог-кандидатоперации: 38 (уточняется на FAT ячейки U0222).

— age_p95_ms — p95 age сенсора в политике; порог-кандидатоперации: 12 (уточняется на FAT ячейки U0222).

— stockout_hours — часы простоя из-за spare; порог-кандидатоперации: 20 (уточняется на FAT ячейки U0222).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0222 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «acceptance criteria» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, support_h_cell, age_p95_ms, teleop_flag.

4. Если mtt_truth_min хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0222 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про acceptance criteria

— [ ] Коды U0222_WMS_DUP_CMD,

U0222_PRIVACY_RAW в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает support_h_cell и mtt_truth_min

— [ ] Тест отказа U0222 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «C7. Deep dive: force limits и ML policies».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0222 роликом demo-day.

Короткий вывод

«C7. Deep dive: force limits и ML policies» закрывается, когда фасет acceptance criteria измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0222 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

C8. Deep dive: unit economics чувствительности

Учебный расчёт estimates: cost/cycle vs teleop vs spare lead time vs damage. Чувствительность на одной странице для спонсора.

Минимум

Владелец, метрика, тест отказа, near miss с действием.

Фокус этой главы (U0223)

Разбор «C8. Deep dive: unit economics чувствительности» держится на фасете RaaS data rights. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0223 первичная гипотеза — RaaS data rights. Проверка: сравнить stockout_hours и age_p95_ms до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0223_FORCE_MUTE — owner OT, secondary ML

— U0223_WMS_DUP_CMD — owner integration, secondary vendor field

— U0223_PRIVACY_RAW — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— stockout_hours — часы простоя из-за spare; порог-кандидатоперации: 23 (уточняется на FAT ячейки U0223).

— age_p95_ms — p95 age сенсора в политике; порог-кандидатоперации: 11 (уточняется на FAT ячейки U0223).

— support_h_cell — часы поддержки / ячейка / неделя; порог-кандидатоперации: 23 (уточняется на FAT ячейки U0223).

— calib_drift_px — drift target board, px; порог-кандидатоперации: 23 (уточняется на FAT ячейки U0223).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0223 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «RaaS data rights» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, stockout_hours, support_h_cell, teleop_flag.

4. Если age_p95_ms хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0223 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про RaaS data rights

— [ ] Коды U0223_FORCE_MUTE, U0223_WMS_DUP_CMD в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает stockout_hours и age_p95_ms

— [ ] Тест отказа U0223 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «C8. Deep dive: unit economics чувствительности».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0223 роликом demo-day.

Короткий вывод

«C8. Deep dive: unit economics чувствительности» закрывается, когда фасет RaaS data rights измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0223 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

C9. Deep dive: дисквалификаторы тендера

Матрица дисквалификаторов: safety/ML разрез, offline hot path, data rights+export, rollback OTA, журнал teleop, референс на класс задач. Цена без этих пунктов = перенос риска.

Фокус этой главы (U0224)

Разбор «C9. Deep dive: дисквалификаторы тендера» держится на фасете 3→30 fleet scale. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0224 первичная гипотеза — 3→30 fleet scale. Проверка: сравнить p95_latency_ms и calib_drift_px до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0224_SPARE_STOCKOUT — owner OT, secondary ML

— U0224_PERCEPTION_GLARE — owner integration, secondary vendor field

— U0224_TF_DRIFT — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— p95_latency_ms — p95 hot path; порог-кандидатоперации: 10 (уточняется на FAT ячейки U0224).

— calib_drift_px — drift target board, px; порог-кандидатоперации: 10 (уточняется на FAT ячейки U0224).

— incomplete_ep — доля эпизодов без обязательных полей; порог-кандидатоперации: 26 (уточняется на FAT ячейки U0224).

— teleop_share — доля циклов с teleop; порог-кандидатоперации: 42 (уточняется на FAT ячейки U0224).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0224 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «3→30 fleet scale» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, p95_latency_ms, incomplete_ep, teleop_flag.

4. Если calib_drift_px хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0224 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про 3→30 fleet scale

— [ ] Коды U0224_SPARE_STOCKOUT, U0224_PERCEPTION_GLARE в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает p95_latency_ms и calib_drift_px

— [ ] Тест отказа U0224 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «C9. Deep dive: дисквалификаторы тендера».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0224 роликом demo-day.

Короткий вывод

«C9. Deep dive: дисквалификаторы тендера» закрывается, когда фасет 3→30 fleet scale измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0224 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

C10. Deep dive: карта ограничений — поля и версии

Поля карты: свет, пол, EMI, зоны людей, SKU in/out, ночные отличия, версия, подпись ОТ. Предикат canary: map version == CMDB.

Фокус этой главы (U0225)

Разбор «C10. Deep dive: карта ограничений — поля и версии» держится на фасете near miss с человеком. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0225 первичная гипотеза — near miss с человеком. Проверка: сравнить incomplete_ep и age_p95_ms до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0225_WMS_DUP_CMD — owner OT, secondary ML

— U0225_PRIVACY_RAW — owner integration, secondary vendor field

— U0225_SPARE_STOCKOUT — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— incomplete_ep — доля эпизодов без обязательных полей; порог-кандидатоперации: 27 (уточняется на FAT ячейки U0225).

— age_p95_ms — p95 age сенсора в политике; порог-кандидатоперации: 32 (уточняется на FAT ячейки U0225).

— calib_drift_px — drift target board, px; порог-кандидатоперации: 12 (уточняется на FAT ячейки U0225).

— near_miss — near miss / 1000 циклов; порог-кандидатоперации: 7 (уточняется на FAT ячейки U0225).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0225 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «near miss с человеком» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, incomplete_ep, calib_drift_px, teleop_flag.

4. Если age_p95_ms хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0225 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про near miss с человеком

— [ ] Коды U0225_WMS_DUP_CMD, U0225_PRIVACY_RAW в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает incomplete_ep и

age_p95_ms

— [ ] Тест отказа U0225 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «C10. Deep dive: карта ограничений — поля и версии».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0225 роликом demo-day.

Короткий вывод

«C10. Deep dive: карта ограничений — поля и версии» закрывается, когда фасет near miss с человеком измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0225 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

D1. Worked example: план MVP 90 дней понедельно

Понедельный MVP: gates safety+логи → baseline → canary → приёмка. Буфер lead time камер. Запрет второго сайта в 90 дней.

Фокус этой главы (U0226)

Разбор «D1. Worked example: план MVP 90 дней понедельно» держится на фасете shutter skew. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0226 первичная гипотеза — shutter skew. Проверка: сравнить age_p95_ms и mtt_truth_min до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0226_LATENCY_BUDGET — owner OT, secondary ML

— U0226_SENSOR_AGE — owner integration, secondary vendor field

— U0226_FORCE_MUTE — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— age_p95_ms — p95 age сенсора в политике; порог-кандидатоперации: 9 (уточняется на FAT ячейки U0226).

— mtt_truth_min — минуты до полного пакета логов; порог-кандидатоперации: 7 (уточняется на FAT ячейки U0226).

— stockout_hours — часы простоя из-за spare; порог-кандидатоперации: 33 (уточняется на FAT ячейки U0226).

— calib_drift_px — drift target board, px; порог-кандидатоперации: 33 (уточняется на FAT ячейки U0226).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0226 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «shutter skew» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, age_p95_ms, stockout_hours, teleop_flag.

4. Если mtt_truth_min хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0226 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про shutter skew

— [ ] Коды U0226_LATENCY_BUDGET, U0226_SENSOR_AGE в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает age_p95_ms и mtt_truth_min

— [ ] Тест отказа U0226 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «D1. Worked example: план MVP 90 дней понедельно».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0226 роликом demo-day.

Короткий вывод

«D1. Worked example: план MVP 90 дней понедельно» закрывается, когда фасет shutter skew измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0226 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

D2. Worked example: заполнение RACI на 10 кодов отказа

Заполненная RACI на 10 кодов abort: perception, tool, PLC, сеть, свет, remote, field, WMS, калибровка, safety event. Одна эскалация заказчику.

Фокус этой главы (U0227)

Разбор «D2. Worked example: заполнение RACI на 10 кодов отказа» держится на фасете RACI кодов abort. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0227 первичная гипотеза — RACI кодов abort. Проверка: сравнить age_p95_ms и mtt_truth_min до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0227_LATENCY_BUDGET — owner OT, secondary ML

— U0227_SENSOR_AGE — owner integration, secondary vendor field

— U0227_FORCE_MUTE — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— age_p95_ms — p95 age сенсора в политике; порог-кандидатоперации: 19 (уточняется на FAT ячейки U0227).

— mtt_truth_min — минуты до полного пакета логов; порог-кандидатоперации: 20 (уточняется на FAT ячейки U0227).

— stockout_hours — часы простоя из-за spare; порог-кандидатоперации: 7 (уточняется на FAT ячейки U0227).

— calib_drift_px — drift target board, px; порог-кандидатоперации: 7 (уточняется на FAT ячейки U0227).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0227 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «RACI кодов abort» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, age_p95_ms, stockout_hours, teleop_flag.

4. Если mtt_truth_min хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0227 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про RACI кодов abort

— [ ] Коды U0227_LATENCY_BUDGET, U0227_SENSOR_AGE в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает age_p95_ms и

mtt_truth_min

— [ ] Тест отказа U0227 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «D2. Worked example: заполнение RACI на 10 кодов отказа».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0227 роликом demo-day.

Короткий вывод

«D2. Worked example: заполнение RACI на 10 кодов отказа» закрывается, когда фасет RACI кодов abort измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0227 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

D3. Worked example: one-page для спонсора

Аудитория — спонсор пилота (финансы + риск), не compliance. Страница отвечает на go/pivot/stop.

Поля страницы

— Burn to date / burn до следующего stage-gate

— Canary: N ячеек факт vs план (U0228)

— Measured: success ночи, teleop share, near miss

— Spare risk: lead time критичной камеры

— Ask: go / pivot / stop + одно условие

Правила

Дневной demo отдельно от night measured. Teleop в том же блоке, что success. Estimate помечать.

Пример цифр (вымышленный пилот)

Burn: одна страница бюджета до gate. Canary: 2 ячейки. Success ночи measured ниже дня. Teleop share видим. Near miss на проходе разобран. Ask: go при условии night+glare gate в SAT.

Чего здесь нет

Нет export classification, нет end-use statement — это E6.

D4. Worked example: threat model без биометрии

Threat model: подмена teleop-оператора. Сначала ключ/SSO/PIN в зоне. Биометрия только если остаточный риск высок; шаблоны изолированы.

Фокус этой главы (U0229)

Разбор «D4. Worked example: threat model без биометрии» держится на фасете карта ограничений. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0229 первичная гипотеза — карта ограничений. Проверка: сравнить stockout_hours и teleop_share до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0229_FORCE_MUTE — owner OT, secondary ML

— U0229_WMS_DUP_CMD — owner integration, secondary vendor field

— U0229_PRIVACY_RAW — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— stockout_hours — часы простоя из-за spare; порог-кандидатоперации: 17 (уточняется на FAT ячейки U0229).

— teleop_share — доля циклов с teleop; порог-кандидатоперации: 39 (уточняется на FAT ячейки U0229).

— calib_drift_px — drift target board, px; порог-кандидатоперации: 17 (уточняется на FAT ячейки U0229).

— age_p95_ms — p95 age сенсора в политике; порог-кандидатоперации: 21 (уточняется на FAT ячейки U0229).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0229 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «карта ограничений» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, stockout_hours, calib_drift_px, teleop_flag.

4. Если teleop_share хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0229 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про карта ограничений

— [ ] Коды U0229_FORCE_MUTE, U0229_WMS_DUP_CMD в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает stockout_hours и teleop_share

— [ ] Тест отказа U0229 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «D4. Worked example: threat model без биометрии».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0229 роликом demo-day.

Короткий вывод

«D4. Worked example: threat model без биометрии» закрывается, когда фасет карта ограничений измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0229 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

D5. Worked example: сегментные метрики по сменам

Сегменты success/teleop по сменам и зонам. Не наказывать бригаду за плохое освещение — ticket на среду и KPI freeze.

Фокус этой главы (U0230)

Разбор «D5. Worked example: сегментные метрики по сменам» держится на фасете shared GPU contention. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0230 первичная гипотеза — shared GPU contention. Проверка: сравнить teleop_share и near_miss до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0230_LATENCY_BUDGET — owner OT, secondary ML

— U0230_SENSOR_AGE — owner integration, secondary vendor field

— U0230_FORCE_MUTE — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— teleop_share — доля циклов с teleop; порог-кандидатоперации: 9 (уточняется на FAT ячейки U0230).

— near_miss — near miss / 1000 циклов; порог-кандидатоперации: 39 (уточняется на FAT ячейки U0230).

— success_night — доля успешных циклов ночью; порог-кандидатоперации: 39 (уточняется на FAT ячейки U0230).

— calib_drift_px — drift target board, px; порог-кандидатоперации: 29 (уточняется на FAT ячейки U0230).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0230 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «shared GPU contention» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, teleop_share, success_night, teleop_flag.

4. Если near_miss хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0230 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про shared GPU contention

— [ ] Коды U0230_LATENCY_BUDGET, U0230_SENSOR_AGE в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает teleop_share и near_miss

— [ ] Тест отказа U0230 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «D5. Worked example: сегментные метрики по сменам».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0230 роликом demo-day.

Короткий вывод

«D5. Worked example: сегментные метрики по сменам» закрывается, когда фасет shared GPU contention измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0230 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

E1. Приложение: чеклист готовности canary

Чеклист canary: acceptance, карта v0, мониторы, runbook, remote cover, полный эпизод на стенде, запрет mute safety. Красный=стоп.

Фокус этой главы (U0231)

Разбор «E1. Приложение: чеклист готовности canary» держится на фасете privacy purpose tags. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0231 первичная гипотеза — privacy purpose tags. Проверка: сравнить success_night и p95_latency_ms до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0231_TELEOP_HIDDEN — owner OT, secondary ML

— U0231_HASH_MISSING — owner integration, secondary vendor field

— U0231_LATENCY_BUDGET — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— success_night — доля успешных циклов ночью; порог-кандидатоперации: 20 (уточняется на FAT ячейки U0231).

— p95_latency_ms — p95 hot path; порог-кандидатоперации: 11 (уточняется на FAT ячейки U0231).

— mtt_truth_min — минуты до полного пакета логов; порог-кандидатоперации: 20 (уточняется на FAT ячейки U0231).

— incomplete_ep — доля эпизодов без обязательных полей; порог-кандидатоперации: 20 (уточняется на FAT ячейки U0231).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0231 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «privacy purpose tags» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, success_night, mtt_truth_min, teleop_flag.

4. Если p95_latency_ms хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0231 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про privacy purpose tags

— [ ] Коды U0231_TELEOP_HIDDEN,

U0231_HASH_MISSING в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает success_night и p95_latency_ms

— [ ] Тест отказа U0231 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «E1. Приложение: чеклист готовности canary».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0231 роликом demo-day.

Короткий вывод

«E1. Приложение: чеклист готовности canary» закрывается, когда фасет privacy purpose tags измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0231 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

E2. Приложение: чеклист fleet-ready

Fleet-ready gate: сервис+spare, CMDB, alternate сенсоров, SAT playbook, unit economics чувствительности, подпись сервиса обязательна.

Фокус этой главы (U0232)

Разбор «E2. Приложение: чеклист fleet-ready» держится на фасете fleet spare kit. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0232 первичная гипотеза — fleet spare kit. Проверка: сравнить near_miss и support_h_cell до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0232_PRIVACY_RAW — owner OT, secondary ML

— U0232_SPARE_STOCKOUT — owner integration, secondary vendor field

— U0232_PERCEPTION_GLARE — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— near_miss — near miss / 1000 циклов; порог-кандидатоперации: 11 (уточняется на FAT ячейки U0232).

— support_h_cell — часы поддержки / ячейка / неделя; порог-кандидатоперации: 11 (уточняется на FAT ячейки U0232).

— p95_latency_ms — p95 hot path; порог-кандидатоперации: 11 (уточняется на FAT ячейки U0232).

— mtt_truth_min — минуты до полного пакета логов; порог-кандидатоперации: 19 (уточняется на FAT ячейки U0232).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0232 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «fleet spare kit» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, near_miss, p95_latency_ms, teleop_flag.

4. Если support_h_cell хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0232 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про fleet spare kit

— [ ] Коды U0232_PRIVACY_RAW, U0232_SPARE_STOCKOUT в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает near_miss и support_h_cell

— [ ] Тест отказа U0232 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «E2. Приложение: чеклист fleet-ready».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0232 роликом demo-day.

Короткий вывод

«E2. Приложение: чеклист fleet-ready» закрывается, когда фасет fleet spare kit измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0232 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

E3. Приложение: шаблон acceptance criteria

Шаблон acceptance: определение цикла, пороги success/teleop/near miss, длительность, стоп-критерии, подписи OT/ML/спонсор.

Фокус этой главы (U0233)

Разбор «E3. Приложение: шаблон acceptance criteria» держится на фасете shared GPU contention. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0233 первичная гипотеза — shared GPU contention. Проверка: сравнить incomplete_ep и p95_latency_ms до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0233_SENSOR_AGE — owner OT, secondary ML

— U0233_FORCE_MUTE — owner integration, secondary vendor field

— U0233_WMS_DUP_CMD — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— incomplete_ep — доля эпизодов без обязательных полей; порог-кандидатоперации: 9 (уточняется на FAT ячейки U0233).

— p95_latency_ms — p95 hot path; порог-кандидатоперации: 42 (уточняется на FAT ячейки U0233).

— near_miss — near miss / 1000 циклов; порог-кандидатоперации: 37 (уточняется на FAT ячейки U0233).

— calib_drift_px — drift target board, px; порог-кандидатоперации: 42 (уточняется на FAT ячейки U0233).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0233 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «shared GPU contention» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, incomplete_ep, near_miss, teleop_flag.

4. Если p95_latency_ms хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0233 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про shared GPU contention

— [ ] Коды U0233_SENSOR_AGE, U0233_FORCE_MUTE в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает incomplete_ep и

p95_latency_ms

— [ ] Тест отказа U0233 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «E3. Приложение: шаблон acceptance criteria».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0233 роликом demo-day.

Короткий вывод

«E3. Приложение: шаблон acceptance criteria» закрывается, когда фасет shared GPU contention измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0233 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

E4. Приложение: шаблон change ticket среды

Change ticket: тип (свет/стеллаж/SKU/WMS), влияние на карту, KPI freeze, кто тестирует, срок закрытия. Примеры заполнения.

Фокус этой главы (U0234)

Разбор «E4. Приложение: шаблон change ticket среды» держится на фасете anti-pattern catalogue. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0234 первичная гипотеза — anti-pattern catalogue. Проверка: сравнить teleop_share и p95_latency_ms до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0234_SENSOR_AGE — owner OT, secondary ML

— U0234_FORCE_MUTE — owner integration, secondary vendor field

— U0234_WMS_DUP_CMD — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— teleop_share — доля циклов с teleop; порог-кандидатоперации: 28 (уточняется на FAT ячейки U0234).

— p95_latency_ms — p95 hot path; порог-кандидатоперации: 16 (уточняется на FAT ячейки U0234).

— support_h_cell — часы поддержки / ячейка / неделя; порог-кандидатоперации: 16 (уточняется на FAT ячейки U0234).

— incomplete_ep — доля эпизодов без обязательных полей; порог-кандидатоперации: 22 (уточняется на FAT ячейки U0234).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0234 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «anti-pattern catalogue» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, teleop_share, support_h_cell, teleop_flag.

4. Если p95_latency_ms хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0234 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про anti-pattern catalogue

— [ ] Коды U0234_SENSOR_AGE, U0234_FORCE_MUTE в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает teleop_share и

p95_latency_ms

— [ ] Тест отказа U0234 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «E4. Приложение: шаблон change ticket среды».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0234 роликом demo-day.

Короткий вывод

«E4. Приложение: шаблон change ticket среды» закрывается, когда фасет anti-pattern catalogue измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0234 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

E5. Приложение: шаблон эпизода (data contract)

Data contract: config hash, versions, state, keyframes, teleop tags, safety events, purpose, TTL. QC отбраковка без hash.

Фокус этой главы (U0235)

Разбор «E5. Приложение: шаблон эпизода (data contract)» держится на фасете privacy purpose tags. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0235 первичная гипотеза — privacy purpose tags. Проверка: сравнить success_night и near_miss до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0235_TF_DRIFT — owner OT, secondary ML

— U0235_TELEOP_HIDDEN — owner integration, secondary vendor field

— U0235_HASH_MISSING — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— success_night — доля успешных циклов ночью; по-

рог-кандидатоперации: 31 (уточняется на FAT ячейки U0235).

— near_miss — near miss / 1000 циклов; порог-кандидатоперации: 11 (уточняется на FAT ячейки U0235).

— incomplete_ep — доля эпизодов без обязательных полей; порог-кандидатоперации: 31 (уточняется на FAT ячейки U0235).

— age_p95_ms — p95 age сенсора в политике; порог-кандидатоперации: 6 (уточняется на FAT ячейки U0235).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0235 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «privacy purpose tags» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, success_night, incomplete_ep, teleop_flag.

4. Если near_miss хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0235 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про privacy purpose tags

— [ ] Коды U0235_TF_DRIFT, U0235_TELEOP_HIDDEN в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает success_night и near_miss

— [ ] Тест отказа U0235 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «E5. Приложение: шаблон эпизода (data contract)».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0235 роликом demo-day.

Короткий вывод

«E5. Приложение: шаблон эпизода (data contract)» закрывается, когда фасет privacy purpose tags измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0235 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

E6. Приложение: dual-use и export screening one-pager

Screening перед demo abroad / отгрузкой. Аудитория — compliance + engineering BOM owner.

Обязательные поля

1. Item/BOM summary (без маркетинга)
2. Destination / end user
3. End-use (warehouse pick / lab / other)
4. Tentative classification + owner
5. Remote access from abroad (yes/no + DPA)
6. Raw video leaving country? edge-redaction?
7. Red flags (military, denial list)
8. Decision allow | allow-with-controls | stop
9. Approver + date (U0236)

Процесс

Sales готовит факты, не decision. Compliance + legal утверждают. Повтор при смене BOM/destination.

Ошибки

Подмена ROI-страницей спонсора; «это просто камера»; игнор remote teleop as service export risk.

E7. Приложение: словарь метрик (printable)

Печатный словарь: success, teleop share, near miss, age, полнота эпизодов, MTTD, cost/cycle — определения в 1 абзац каждое.

Фокус этой главы (U0237)

Разбор «E7. Приложение: словарь метрик (printable)» держится на фасете OTA rollback drill. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0237 первичная гипотеза — OTA rollback drill. Проверка: сравнить calib_drift_px и success_night до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0237_TELEOP_HIDDEN — owner OT, secondary ML

— U0237_HASH_MISSING — owner integration, secondary vendor field

— U0237_LATENCY_BUDGET — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— calib_drift_px — drift target board, px; порог-кандидатоперации: 5 (уточняется на FAT ячейки U0237).

— success_night — доля успешных циклов ночью; порог-кандидатоперации: 8 (уточняется на FAT ячейки U0237).

— mtt_truth_min — минуты до полного пакета логов; порог-кандидатоперации: 8 (уточняется на FAT ячейки U0237).

— p95_latency_ms — p95 hot path; порог-кандидатоперации: 5 (уточняется на FAT ячейки U0237).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0237 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «OTA rollback drill» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, calib_drift_px, mtt_truth_min, teleop_flag.

4. Если success_night хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0237 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про OTA rollback drill

— [ ] Коды U0237_TELEOP_HIDDEN, U0237_HASH_MISSING в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает calib_drift_px и success_night

— [ ] Тест отказа U0237 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «E7. Приложение: словарь метрик (printable)».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0237 роликом demo-day.

Короткий вывод

«E7. Приложение: словарь метрик (printable)» закрывается, когда фасет OTA rollback drill измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0237 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

E8. Приложение: anti-pattern catalogue

20 анти-паттернов с симптомом и контрмерой: demo≠приёмка, скрытый teleop, cloud на hot path, mute safety, premature scaling, штрафы пилота, copy conf, train без purpose, OTA без окна, биометрия без threat model и др.

Фокус этой главы (U0238)

Разбор «E8. Приложение: anti-pattern catalogue» держится на фасете сегментные метрики смен. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0238 первичная гипотеза — сегментные метрики смен. Проверка: сравнить success_night и age_p95_ms до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0238_TF_DRIFT — owner OT, secondary ML

— U0238_TELEOP_HIDDEN — owner integration, secondary vendor field

— U0238_HASH_MISSING — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— success_night — доля успешных циклов ночью; порог-кандидатоперации: 20 (уточняется на FAT ячейки U0238).

— age_p95_ms — p95 age сенсора в политике; порог-кандидатоперации: 26 (уточняется на FAT ячейки U0238).

— incomplete_ep — доля эпизодов без обязательных полей; порог-кандидатоперации: 20 (уточняется на FAT ячейки U0238).

— near_miss — near miss / 1000 циклов; порог-кандидатоперации: 28 (уточняется на FAT ячейки U0238).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0238 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «сегментные метрики смен» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, success_night, incomplete_ep, teleop_flag.

4. Если age_p95_ms хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0238 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про сегментные метрики смен

— [ ] Коды U0238_TF_DRIFT, U0238_TELEOP_HIDDEN в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает success_night и age_p95_ms

— [ ] Тест отказа U0238 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «E8. Приложение: anti-pattern catalogue».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0238 роликом demo-day.

Короткий вывод

«E8. Приложение: anti-pattern catalogue» закрывается, когда фасет сегментные метрики смен измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0238 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

A1. Кейс: ночная приёмка на складе SKU A–C

Площадка: зона охлаждения 0–4 °C, конденсат на объективе, перчатки смены, WMS-приоритет «тающее первым».

Почему дневное сухое демо врёт

Fog и блик от мокрого пола не воспроизводятся в сухом зале. Acceptance без cold-night — дисквал для этого кейса.

Setup

— Карта: dew point, SOP протирки, запрет фена как undocumented hack

— Abort 239_LENS_FOG

— Safety: узкие проходы тележек

Пилот

Неделя 1: SKU A only, supervised. Canary: heated glass vs none. Расширение B–C только после teleop≤порога в холодной ночи.

Метрики

success_cold_night, abort_lens_fog_rate, wipe_minutes, teleop_share, near_miss_aisle.

Чеклист cold-night

— [ ] Dew-point монитор

— [ ] SOP протирки с владельцем

— [ ] Код LENS_FOG в таксономии

— [ ] Cold canary в SAT
— [ ] Запрет сухого demo как evidence

A2. Кейс: потеря калибровки после смены крепления камеры

Кронштейн не меняли. После заторов болты «подтянули на глаз». Extrinsics уехали — systematic miss.

Детект

Weekly target board; drift>порога → canary halt. Вибродатчик на кронштейне как early warning.

Работы

Freeze политики → hand-eye recal → torque seal → day/night регресс → снять freeze. Change ticket обязателен.

Метрики

reprojection_error, systematic_miss, detect_latency_hours, retighten_count.

Чеклист

— [ ] Target-board gate
— [ ] Torque seal
— [ ] Calibration version в config hash
— [ ] Вибропорог в near miss
— [ ] Запрет подтяжки без тикета

A3. Кейс: скрытый teleop и обвал после текучки

Угол этой версии

В холодный food DC teleop часто на BPO/подмене. Скрытые вмешательства держат KPI до текучки — затем обвал.

Журнал причин обязателен; премии не завязывать только на success; backfill обучать до масштаба.

Фокус этой главы (U0241)

Разбор «A3. Кейс: скрытый teleop и обвал после текучки» держится на фасете threat model доступа. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0241 первичная гипотеза — threat model доступа. Проверка: сравнить calib_drift_px и age_p95_ms до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0241_TF_DRIFT — owner OT, secondary ML

— U0241_TELEOP_HIDDEN — owner integration, secondary vendor field

— U0241_HASH_MISSING — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— calib_drift_px — drift target board, px; порог-кандидатоперации: 10 (уточняется на FAT ячейки U0241).

— age_p95_ms — p95 age сенсора в политике; порог-кандидатоперации: 6 (уточняется на FAT ячейки U0241).

— stockout_hours — часы простоя из-за spare; порог-кандидатоперации: 10 (уточняется на FAT ячейки U0241).

— p95_latency_ms — p95 hot path; порог-кандидатоперации: 10 (уточняется на FAT ячейки U0241).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0241 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «threat model доступа» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, calib_drift_px, stockout_hours, teleop_flag.

4. Если age_p95_ms хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0241 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про threat model доступа

— [ ] Коды U0241_TF_DRIFT, U0241_TELEOP_HIDDEN в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает calib_drift_px и

age_p95_ms

— [ ] Тест отказа U0241 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «A3. Кейс: скрытый teleop и обвал после текучки».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0241 роликом demo-day.

Короткий вывод

«A3. Кейс: скрытый teleop и обвал после текучки» закрывается, когда фасет threat model доступа измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0241 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

A4. Кейс: второй сайт без SAT

Угол этой версии

Тиражирование электроника/ESD на сайт B copy-conf: другой EMI/свет/сеть. Success↓ teleop↑.

Стоп копирования, новая карта, узкий SKU, SAT заново. Не общий OTA на A+B.

Фокус этой главы (U0242)

Разбор «A4. Кейс: второй сайт без SAT» держится на фасете вибрация крепления. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0242 первичная гипотеза — вибрация крепления. Проверка: сравнить success_night и incomplete_ep до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0242_PERCEPTION_GLARE — owner OT, secondary ML

— U0242_TF_DRIFT — owner integration, secondary vendor field

— U0242_TELEOP_HIDDEN — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— success_night — доля успешных циклов ночью; порог-кандидатоперации: 11 (уточняется на FAT ячейки U0242).

— incomplete_ep — доля эпизодов без обязательных полей; порог-кандидатоперации: 11 (уточняется на FAT ячейки U0242).

— near_miss — near miss / 1000 циклов; порог-кандидатоперации: 43 (уточняется на FAT ячейки U0242).

— teleop_share — доля циклов с teleop; порог-кандидатоперации: 9 (уточняется на FAT ячейки U0242).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0242 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «вибрация крепления» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, success_night, near_miss, teleop_flag.

4. Если incomplete_ep хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0242 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про вибрация крепления

— [ ] Коды U0242_PERCEPTION_GLARE, U0242_TF_DRIFT в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает success_night и

incomplete_ep

— [ ] Тест отказа U0242 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «A4. Кейс: второй сайт без SAT».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0242 роликом demo-day.

Короткий вывод

«A4. Кейс: второй сайт без SAT» закрывается, когда фасет вибрация крепления измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0242 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

A5. Кейс: OTA в пятницу и тихий хотфикс

Угол этой версии

Релиз в 3PL мультиклиент в пятницу без canary + «тихий хотфикс» после near miss стирает улики.

Нужны окно, дежурство, canary двух ячеек, rollback-артефакт, заморозка логов 24ч.

Фокус этой главы (U0243)

Разбор «A5. Кейс: OTA в пятницу и тихий хотфикс» держится на фасете словарь метрик. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0243 первичная гипотеза — словарь метрик. Проверка: сравнить calib_drift_px и incomplete_ep до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0243_HASH_MISSING — owner OT, secondary ML

— U0243_LATENCY_BUDGET — owner integration, secondary vendor field

— U0243_SENSOR_AGE — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— calib_drift_px — drift target board, px; порог-кандидатоперации: 30 (уточняется на FAT ячейки U0243).

— incomplete_ep — доля эпизодов без обязательных полей; порог-кандидатоперации: 27 (уточняется на FAT ячейки U0243).

— success_night — доля успешных циклов ночью; порог-кандидатоперации: 27 (уточняется на FAT ячейки U0243).

— p95_latency_ms — p95 hot path; порог-кандидатоперации: 30 (уточняется на FAT ячейки U0243).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0243 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «словарь метрик» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, calib_drift_px, success_night, teleop_flag.

4. Если incomplete_ep хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0243 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про словарь метрик

— [ ] Коды U0243_HASH_MISSING,

U0243_LATENCY_BUDGET в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает calib_drift_px и incomplete_ep

— [ ] Тест отказа U0243 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «A5. Кейс: OTA в пятницу и тихий хотфикс».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0243 роликом demo-day.

Короткий вывод

«A5. Кейс: OTA в пятницу и тихий хотфикс» закрывается, когда фасет словарь метрик измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0243 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

A6. Кейс: WMS и идемпотентность команд

Угол этой версии

Интеграция WMS в lab/клиника-логистика: повтор событий даёт двойной захват. Command id идемпотентны; статусы ячейки ясны; raw video не в ERP; стенд до поля.

Фокус этой главы (U0244)

Разбор «A6. Кейс: WMS и идемпотентность команд» держится на фасете постмортем пакет. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0244 первичная гипотеза — постмортем пакет. Проверка: сравнить age_p95_ms и p95_latency_ms до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0244_LATENCY_BUDGET — owner OT, secondary ML

— U0244_SENSOR_AGE — owner integration, secondary vendor field

— U0244_FORCE_MUTE — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— age_p95_ms — p95 age сенсора в политике; порог-кандидатоперации: 19 (уточняется на FAT ячейки U0244).

— p95_latency_ms — p95 hot path; порог-кандидатоперации: 35 (уточняется на FAT ячейки U0244).

— success_night — доля успешных циклов ночью; порог-кандидатоперации: 31 (уточняется на FAT ячейки U0244).

— near_miss — near miss / 1000 циклов; порог-кандидатоперации: 15 (уточняется на FAT ячейки U0244).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0244 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «постмортем пакет» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, age_p95_ms, success_night, teleop_flag.

4. Если p95_latency_ms хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0244 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про постмортем пакет

— [ ] Коды U0244_LATENCY_BUDGET, U0244_SENSOR_AGE в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает age_p95_ms и p95_latency_ms

— [ ] Тест отказа U0244 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «A6. Кейс: WMS и идемпотентность команд».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0244 роликом demo-day.

Короткий вывод

«A6. Кейс: WMS и идемпотентность команд» закрывается, когда фасет постмортем пакет измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0244 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

A7. Кейс: near miss AMR с человеком

Угол этой версии

Near miss мобильной базы в автокомпоненты: люди в СИЗ/масло/грязь, вибрация пресса рядом, EMI.

Person-detect ≠ ID. Запрет mute. FOV в карте. Постмортем 24ч. Регресс miss-person на локальных силуэтах.

Фокус этой главы (U0245)

Разбор «A7. Кейс: near miss AMR с человеком» держится на фасете dual-use screening. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0245 первичная гипотеза — dual-use screening. Проверка: сравнить calib_drift_px и mtt_truth_min до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0245_TF_DRIFT — owner OT, secondary ML

— U0245_TELEOP_HIDDEN — owner integration, secondary vendor field

— U0245_HASH_MISSING — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— calib_drift_px — drift target board, px; порог-кандидатоперации: 26 (уточняется на FAT ячейки U0245).

— mtt_truth_min — минуты до полного пакета логов; порог-кандидатоперации: 21 (уточняется на FAT ячейки U0245).

— stockout_hours — часы простоя из-за spare; порог-кандидатоперации: 26 (уточняется на FAT ячейки U0245).

— p95_latency_ms — p95 hot path; порог-кандидатоперации: 26 (уточняется на FAT ячейки U0245).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0245 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «dual-use screening» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, calib_drift_px, stockout_hours, teleop_flag.

4. Если mtt_truth_min хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0245 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про dual-use screening

— [ ] Коды U0245_TF_DRIFT, U0245_TELEOP_HIDDEN в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает calib_drift_px и

mtt_truth_min

— [ ] Тест отказа U0245 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «A7. Кейс: near miss AMR с человеком».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0245 роликом demo-day.

Короткий вывод

«A7. Кейс: near miss AMR с человеком» закрывается, когда фасет dual-use screening измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0245 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

A8. Кейс: RaaS-спор простой и data rights

Угол этой версии

Спор RaaS в e-com returns: простой из-за среды vs модели; отказ в export эпизодов.

Классы простоя, credits, data rights, exit, полнота логов как условие бонуса.

Фокус этой главы (U0246)

Разбор «A8. Кейс: RaaS-спор простой и data rights» держится на фасете карта ограничений. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0246 первичная гипотеза — карта ограничений. Проверка: сравнить teleop_share и stockout_hours до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0246_HASH_MISSING — owner OT, secondary ML

— U0246_LATENCY_BUDGET — owner integration, secondary vendor field

— U0246_SENSOR_AGE — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— teleop_share — доля циклов с teleop; порог-кандидатоперации: 30 (уточняется на FAT ячейки U0246).

— stockout_hours — часы простоя из-за spare; порог-кандидатоперации: 42 (уточняется на FAT ячейки U0246).

— near_miss — near miss / 1000 циклов; порог-кандидатоперации: 12 (уточняется на FAT ячейки U0246).

— incomplete_ep — доля эпизодов без обязательных полей; порог-кандидатоперации: 36 (уточняется на FAT ячейки U0246).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0246 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «карта ограничений» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, teleop_share, near_miss, teleop_flag.

4. Если stockout_hours хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0246 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про карта ограничений

— [ ] Коды U0246_HASH_MISSING, U0246_LATENCY_BUDGET в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает teleop_share и stockout_hours

— [ ] Тест отказа U0246 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «A8. Кейс: RaaS-спор простой и data rights».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0246 роликом demo-day.

Короткий вывод

«A8. Кейс: RaaS-спор простой и data rights» закрывается, когда фасет карта ограничений измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0246 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

A9. Кейс: sim-to-real мягкая упаковка

Угол этой версии

Sim-to-real для мебель/крупногабарит: контакт/другие силы, другие near miss, медленный цикл не воспроизводятся гладким симом.

Residual на сайте. Force limits не снимать. Иногда калибровка и данные поля дешевле недели сима.

Фокус этой главы (U0247)

Разбор «A9. Кейс: sim-to-real мягкая упаковка» держится на фасете карта ограничений. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0247 первичная гипотеза — карта ограничений. Проверка: сравнить age_p95_ms и stockout_hours до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0247_LATENCY_BUDGET — owner OT, secondary ML

— U0247_SENSOR_AGE — owner integration, secondary vendor field

— U0247_FORCE_MUTE — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— age_p95_ms — p95 age сенсора в политике; порог-кандидатоперации: 29 (уточняется на FAT ячейки U0247).

— stockout_hours — часы простоя из-за spare; порог-кандидатоперации: 17 (уточняется на FAT ячейки U0247).

— near_miss — near miss / 1000 циклов; порог-кандидатоперации: 22 (уточняется на FAT ячейки U0247).

— success_night — доля успешных циклов ночью; порог-кандидатоперации: 10 (уточняется на FAT ячейки U0247).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0247 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «карта ограничений» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, age_p95_ms, near_miss, teleop_flag.

4. Если stockout_hours хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0247 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про карта ограничений

— [ ] Коды U0247_LATENCY_BUDGET,

U0247_SENSOR_AGE в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает age_p95_ms и stockout_hours

— [ ] Тест отказа U0247 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «A9. Кейс: sim-to-real мягкая упаковка».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0247 роликом demo-day.

Короткий вывод

«A9. Кейс: sim-to-real мягкая упаковка» закрывается, когда фасет карта ограничений измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0247 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

A10. Кейс: ячейка vs гуманоид

Угол этой версии

Decision record для фарма-сериализация: ячейка/AMR +arm vs гуманоид. TCO 24 мес (estimate).

Если среда стабильна и SKU узкий — форма гуманоида обычно избыточна; фиксируйте отвергнутые альтернативы.

Фокус этой главы (U0248)

Разбор «A10. Кейс: ячейка vs гуманоид» держится на фасете teleop share и стимулы. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0248 первичная гипотеза — teleop share и стимулы. Проверка: сравнить teleop_share и success_night до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0248_HASH_MISSING — owner OT, secondary ML

— U0248_LATENCY_BUDGET — owner integration, secondary vendor field

— U0248_SENSOR_AGE — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— teleop_share — доля циклов с teleop; порог-кандидато-

перации: 24 (уточняется на FAT ячейки U0248).

— success_night — доля успешных циклов ночью; порог-кандидатоперации: 32 (уточняется на FAT ячейки U0248).

— near_miss — near miss / 1000 циклов; порог-кандидатоперации: 40 (уточняется на FAT ячейки U0248).

— incomplete_ep — доля эпизодов без обязательных полей; порог-кандидатоперации: 32 (уточняется на FAT ячейки U0248).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0248 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «teleop share и стимулы» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, teleop_share, near_miss, teleop_flag.

4. Если success_night хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0248 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про teleop share и стимулы

— [ ] Коды U0248_HASH_MISSING, U0248_LATENCY_BUDGET в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает teleop_share и success_night

— [ ] Тест отказа U0248 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «A10. Кейс: ячейка vs гуманоид».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0248 роликом demo-day.

Короткий вывод

«A10. Кейс: ячейка vs гуманоид» закрывается, когда фасет teleop share и стимулы измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0248 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

B1. Постмортем-шаблон Physical AI

Угол этой версии

Шаблон постмортема под холодный food DC: лента времени, hash, версии, команды, safety, гипотезы, actions с владельцем, тест в canary, обновление карты.

Пример: abort на конденсат на камерах.

Фокус этой главы (U0249)

Разбор «B1. Постмортем-шаблон Physical AI» держится на фасете MVP 90 дней. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0249 первичная гипотеза — MVP 90 дней. Проверка: сравнить p95_latency_ms и incomplete_ep до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0249_TF_DRIFT — owner OT, secondary ML

— U0249_TELEOP_HIDDEN — owner integration, secondary vendor field

— U0249_HASH_MISSING — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— p95_latency_ms — p95 hot path; порог-кандидатопера-

ции: 32 (уточняется на FAT ячейки U0249).

— incomplete_ep — доля эпизодов без обязательных полей; порог-кандидатоперации: 23 (уточняется на FAT ячейки U0249).

— age_p95_ms — p95 age сенсора в политике; порог-кандидатоперации: 36 (уточняется на FAT ячейки U0249).

— mtt_truth_min — минуты до полного пакета логов; порог-кандидатоперации: 23 (уточняется на FAT ячейки U0249).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0249 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «MVP 90 дней» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, p95_latency_ms, age_p95_ms, teleop_flag.

4. Если incomplete_ep хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0249 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про MVP 90 дней

— [ ] Коды U0249_TF_DRIFT, U0249_TELEOP_HIDDEN в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает p95_latency_ms и incomplete_ep

— [ ] Тест отказа U0249 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «B1. Постмортем-шаблон Physical AI».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0249 роликом demo-day.

Короткий вывод

«B1. Постмортем-шаблон Physical AI» закрывается, когда фасет MVP 90 дней измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0249 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

B2. Разбор: success↑ при teleop↑

Угол этой версии

В электроника/ESD success↑+teleop↑ чаще из маскировки и сдвига среды, не из «лучшей модели».

Сегменты смен/SKU. Стоп масштаба. Искать скрытый teleop.

Фокус этой главы (U0250)

Разбор «B2. Разбор: success↑ при teleop↑» держится на фасете shared GPU contention. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0250 первичная гипотеза — shared GPU contention. Проверка: сравнить calib_drift_px и incomplete_ep до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0250_HASH_MISSING — owner OT, secondary ML

— U0250_LATENCY_BUDGET — owner integration, secondary vendor field

— U0250_SENSOR_AGE — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— calib_drift_px — drift target board, px; порог-кандидатоперации: 8 (уточняется на FAT ячейки U0250).

— incomplete_ep — доля эпизодов без обязательных полей; порог-кандидатоперации: 38 (уточняется на FAT ячейки U0250).

— stockout_hours — часы простоя из-за spare; порог-кандидатоперации: 8 (уточняется на FAT ячейки U0250).

— p95_latency_ms — p95 hot path; порог-кандидатоперации: 8 (уточняется на FAT ячейки U0250).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0250 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «shared GPU contention» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, calib_drift_px, stockout_hours, teleop_flag.

4. Если incomplete_ep хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0250 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про shared GPU contention

— [ ] Коды U0250_HASH_MISSING, U0250_LATENCY_BUDGET в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает calib_drift_px и incomplete_ep

— [ ] Тест отказа U0250 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «B2. Разбор: success↑ при teleop↑».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0250 роликом demo-day.

Короткий вывод

«B2. Разбор: success↑ при teleop↑» закрывается, когда фасет shared GPU contention измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0250 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

B3. Разбор: эпизоды без config hash

Договорный аудит: выборка эпизодов без config hash. Это break SLA evidence, не «техдолг QC».

Почему train продолжали

QC видел gap, train не fail-closed. На аудите gap стал юридическим риском stage-gate.

Исправление

Schema: hash required. Backfill невозможен — пометить gap. Gate сдвинуть до 2 недель 100% completeness.

Чеклист аудитора

— [ ] hash 100%
— [ ] teleop_flag + safety_events
— [ ] CMDB BOM match
— [ ] время выдачи ≤ SLA
— [ ] redaction policy

B4. Разбор: один поставщик камер

Угол этой версии

Поставщик камер для lab/клиника-логистика: silent revision бьёт по узкий tool.

Лимит концентрации, alternate с тем же регрессом, уведомление batch в договоре.

Фокус этой главы (U0252)

Разбор «B4. Разбор: один поставщик камер» держится на фасете canary halt. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0252 первичная гипотеза — canary halt. Проверка: сравнить teleop_share и success_night до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0252_HASH_MISSING — owner OT, secondary ML

— U0252_LATENCY_BUDGET — owner integration, secondary vendor field

— U0252_SENSOR_AGE — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— teleop_share — доля циклов с teleop; порог-кандидато-

перации: 32 (уточняется на FAT ячейки U0252).

— success_night — доля успешных циклов ночью; порог-кандидатоперации: 44 (уточняется на FAT ячейки U0252).

— mtt_truth_min — минуты до полного пакета логов; порог-кандидатоперации: 44 (уточняется на FAT ячейки U0252).

— stockout_hours — часы простоя из-за spare; порог-кандидатоперации: 16 (уточняется на FAT ячейки U0252).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0252 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «canary halt» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, teleop_share, mtt_truth_min, teleop_flag.

4. Если success_night хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0252 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про canary halt

— [ ] Коды U0252_HASH_MISSING, U0252_LATENCY_BUDGET в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает teleop_share и success_night

— [ ] Тест отказа U0252 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «B4. Разбор: один поставщик камер».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0252 роликом demo-day.

Короткий вывод

«B4. Разбор: один поставщик камер» закрывается, когда фасет canary halt измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0252 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

B5. Разбор: штрафной пилот

Угол этой версии

Штрафы серии на пилоте в автокомпоненты толкают прятать abort (особенно при audit pressure).

Learning KPI; штрафы за safety и ложь отчётности, не за честный stop модели.

Фокус этой главы (U0253)

Разбор «B5. Разбор: штрафной пилот» держится на фасете age/skew сенсоров. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0253 первичная гипотеза — age/skew сенсоров. Проверка: сравнить mtt_truth_min и near_miss до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0253_SPARE_STOCKOUT — owner OT, secondary ML

— U0253_PERCEPTION_GLARE — owner integration, secondary vendor field

— U0253_TF_DRIFT — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— mtt_truth_min — минуты до полного пакета логов; порог-кандидатоперации: 23 (уточняется на FAT ячейки U0253).

— near_miss — near miss / 1000 циклов; порог-кандидатоперации: 11 (уточняется на FAT ячейки U0253).

— incomplete_ep — доля эпизодов без обязательных полей; порог-кандидатоперации: 23 (уточняется на FAT ячейки U0253).

— stockout_hours — часы простоя из-за spare; порог-кандидатоперации: 36 (уточняется на FAT ячейки U0253).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0253 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «age/skew сенсоров» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, mtt_truth_min, incomplete_ep, teleop_flag.

4. Если near_miss хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0253 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про age/skew сенсоров

— [ ] Коды U0253_SPARE_STOCKOUT, U0253_PERCEPTION_GLARE в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает mtt_truth_min и

near_miss

— [ ] Тест отказа U0253 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «B5. Разбор: штрафной пилот».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0253 роликом demo-day.

Короткий вывод

«B5. Разбор: штрафной пилот» закрывается, когда фасет age/skew сенсоров измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0253 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

C1. Deep dive: latency budget hot path

p95 hot path скачет в часы «директорского дашборда». Модель та же — на GPU второй процесс analytics.

Разбор

Выделить control-only GPU или MIG/cgroup с жёстким лимитом. Запрет best-effort CUDA на cell host.

Тест

Синтетическая analytics-нагрузка во время FAT latency suite. p95>бюджет → fail.

Чеклист

— [ ] Inventory GPU процессов
— [ ] Pin digests control
— [ ] Latency under load
— [ ] Thermal/duty алерты
— [ ] Запрет ad-hoc jobs

C2. Deep dive: age сенсоров в политике

Per-camera age в норме, но fusion собирает кадр с постоянным shutter skew. На конвейере объект «сдвинут».

Контрмеры

Hardware trigger / PTP sync. В политике max_skew gate, не только age.

Чеклист

— [ ] Telemetry skew
— [ ] max_skew gate
— [ ] Регресс на движущемся конвейере
— [ ] Trigger topology doc
— [ ] Loss-of-sync alert

C3. Deep dive: коды abort и runbook

Угол этой версии

Словарь abort для фарма-сериализация: код → действие смены с учётом лоты, этикетки, audit trail, чистые зоны.

Аудит дрейфа. Словарь в git с релизом.

Фокус этой главы (U0256)

Разбор «C3. Deep dive: коды abort и runbook» держится на фасете threat model доступа. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0256 первичная гипотеза — threat model доступа. Проверка: сравнить incomplete_ep и support_h_cell до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0256_WMS_DUP_CMD — owner OT, secondary ML

— U0256_PRIVACY_RAW — owner integration, secondary vendor field

— U0256_SPARE_STOCKOUT — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— incomplete_ep — доля эпизодов без обязательных по-

лей; порог-кандидатоперации: 10 (уточняется на FAT ячейки U0256).

— support_h_cell — часы поддержки / ячейка / неделя; порог-кандидатоперации: 26 (уточняется на FAT ячейки U0256).

— p95_latency_ms — p95 hot path; порог-кандидатоперации: 26 (уточняется на FAT ячейки U0256).

— near_miss — near miss / 1000 циклов; порог-кандидатоперации: 26 (уточняется на FAT ячейки U0256).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0256 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «threat model доступа» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, incomplete_ep, p95_latency_ms, teleop_flag.

4. Если support_h_cell хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0256 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про threat model доступа

— [ ] Коды U0256_WMS_DUP_CMD, U0256_PRIVACY_RAW в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает incomplete_ep и support_h_cell

— [ ] Тест отказа U0256 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «C3. Deep dive: коды abort и runbook».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0256 роликом demo-day.

Короткий вывод

«C3. Deep dive: коды abort и runbook» закрывается, когда фасет threat model доступа измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0256 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

C4. Deep dive: CMDB и software train

Угол этой версии

CMDB парка холодный food DC: site/cell/BOM/train/ sensor batch/map version.

Лимит train, EOL, sustaining; пилоты с sundown — иначе зоопарк рецептов.

Фокус этой главы (U0257)

Разбор «C4. Deep dive: CMDB и software train» держится на фасете shared GPU contention. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0257 первичная гипотеза — shared GPU contention. Проверка: сравнить calib_drift_px и stockout_hours до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0257_TELEOP_HIDDEN — owner OT, secondary ML

— U0257_HASH_MISSING — owner integration, secondary vendor field

— U0257_LATENCY_BUDGET — owner safety/ compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— calib_drift_px — drift target board, px; порог-кандидатоперации: 35 (уточняется на FAT ячейки U0257).

— stockout_hours — часы простоя из-за spare; порог-кандидатоперации: 35 (уточняется на FAT ячейки U0257).

— near_miss — near miss / 1000 циклов; порог-кандидатоперации: 30 (уточняется на FAT ячейки U0257).

— age_p95_ms — p95 age сенсора в политике; порог-кандидатоперации: 7 (уточняется на FAT ячейки U0257).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0257 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «shared GPU contention» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, calib_drift_px, near_miss, teleop_flag.

4. Если stockout_hours хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0257 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про shared GPU contention

— [ ] Коды U0257_TELEOP_HIDDEN, U0257_HASH_MISSING в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает calib_drift_px и

stockout_hours

— [ ] Тест отказа U0257 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «C4. Deep dive: CMDB и software train».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0257 роликом demo-day.

Короткий вывод

«C4. Deep dive: CMDB и software train» закрывается, когда фасет shared GPU contention измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0257 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

C5. Deep dive: purpose tags и privacy

Угол этой версии

Privacy в электроника/ESD: жёстче доступ к video (металлический блеск, ESD-маты, мелкий payload).

Purpose tags, TTL, redaction, audit, DPA remote; запрет train из debug silently.

Фокус этой главы (U0258)

Разбор «C5. Deep dive: purpose tags и privacy» держится на фасете anti-pattern catalogue. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0258 первичная гипотеза — anti-pattern catalogue. Проверка: сравнить mtt_truth_min и age_p95_ms до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0258_PRIVACY_RAW — owner OT, secondary ML

— U0258_SPARE_STOCKOUT — owner integration, secondary vendor field

— U0258_PERCEPTION_GLARE — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— mtt_truth_min — минуты до полного пакета логов; порог-кандидатоперации: 17 (уточняется на FAT ячейки U0258).

— age_p95_ms — p95 age сенсора в политике; порог-кандидатоперации: 43 (уточняется на FAT ячейки U0258).

— incomplete_ep — доля эпизодов без обязательных полей; порог-кандидатоперации: 17 (уточняется на FAT ячейки U0258).

— p95_latency_ms — p95 hot path; порог-кандидатоперации: 35 (уточняется на FAT ячейки U0258).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0258 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «anti-pattern catalogue» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, mtt_truth_min, incomplete_ep, teleop_flag.

4. Если age_p95_ms хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0258 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про anti-pattern catalogue

— [ ] Коды U0258_PRIVACY_RAW, U0258_SPARE_STOCKOUT в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает mtt_truth_min и

age_p95_ms

— [ ] Тест отказа U0258 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «C5. Deep dive: purpose tags и privacy».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0258 роликом demo-day.

Короткий вывод

«C5. Deep dive: purpose tags и privacy» закрывается, когда фасет anti-pattern catalogue измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0258 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

C6. Deep dive: FAT/SAT протоколы

Угол этой версии

FAT/SAT для 3PL мультиклиент: допуски residual под чужие SKU каждую неделю, BPO teleop, разные WMS.

Cold start, EMI, known-hard, latency p95, safety. Красный блокирует отгрузку.

Фокус этой главы (U0259)

Разбор «C6. Deep dive: FAT/SAT протоколы» держится на фасете cold chain / конденсат. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0259 первичная гипотеза — cold chain / конденсат. Проверка: сравнить age_p95_ms и p95_latency_ms до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0259_LATENCY_BUDGET — owner OT, secondary ML

— U0259_SENSOR_AGE — owner integration, secondary vendor field

— U0259_FORCE_MUTE — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— age_p95_ms — p95 age сенсора в политике; порог-кандидатоперации: 9 (уточняется на FAT ячейки U0259).

— p95_latency_ms — p95 hot path; порог-кандидатоперации: 5 (уточняется на FAT ячейки U0259).

— stockout_hours — часы простоя из-за spare; порог-кандидатоперации: 5 (уточняется на FAT ячейки U0259).

— near_miss — near miss / 1000 циклов; порог-кандидатоперации: 30 (уточняется на FAT ячейки U0259).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0259 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «cold chain / конденсат» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, age_p95_ms, stockout_hours, teleop_flag.

4. Если p95_latency_ms хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0259 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про cold chain / конденсат

— [ ] Коды U0259_LATENCY_BUDGET, U0259_SENSOR_AGE в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает age_p95_ms и p95_latency_ms

— [ ] Тест отказа U0259 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «C6. Deep dive: FAT/SAT протоколы».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0259 роликом demo-day.

Короткий вывод

«C6. Deep dive: FAT/SAT протоколы» закрывается, когда фасет cold chain / конденсат измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0259 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

C7. Deep dive: force limits и ML

Угол этой версии

Force limits в lab/клиника-логистика иначе калибруются под payload.

Supervisor не отдаёт лимиты политике. Стенд контакта. Watchdog.

Фокус этой главы (U0260)

Разбор «C7. Deep dive: force limits и ML» держится на фасете калибровка и TF drift. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0260 первичная гипотеза — калибровка и TF drift. Проверка: сравнить support_h_cell и near_miss до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0260_SPARE_STOCKOUT — owner OT, secondary ML

— U0260_PERCEPTION_GLARE — owner integration, secondary vendor field

— U0260_TF_DRIFT — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— support_h_cell — часы поддержки / ячейка / неделя; порог-кандидатоперации: 14 (уточняется на FAT ячейки U0260).

— near_miss — near miss / 1000 циклов; порог-кандидатоперации: 34 (уточняется на FAT ячейки U0260).

— age_p95_ms — p95 age сенсора в политике; порог-кандидатоперации: 14 (уточняется на FAT ячейки U0260).

— teleop_share — доля циклов с teleop; порог-кандидатоперации: 14 (уточняется на FAT ячейки U0260).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0260 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «калибровка и TF drift» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, support_h_cell, age_p95_ms, teleop_flag.

4. Если near_miss хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0260 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про калибровка и TF drift

— [ ] Коды U0260_SPARE_STOCKOUT, U0260_PERCEPTION_GLARE в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает support_h_cell и near_miss

— [ ] Тест отказа U0260 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «C7. Deep dive: force limits и ML».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0260 роликом demo-day.

Короткий вывод

«C7. Deep dive: force limits и ML» закрывается, когда фасет калибровка и TF drift измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0260 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

C8. Deep dive: unit economics

Угол этой версии

Unit economics автокомпоненты (estimates): cost/cycle vs teleop vs scrap/damage vs spare lead time.

Чувствительность на одной странице; иначе спонсор масштабирует вслепую.

Фокус этой главы (U0261)

Разбор «C8. Deep dive: unit economics» держится на фасете fleet spare kit. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0261 первичная гипотеза — fleet spare kit. Проверка: сравнить support_h_cell и p95_latency_ms до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0261_PRIVACY_RAW — owner OT, secondary ML

— U0261_SPARE_STOCKOUT — owner integration, secondary vendor field

— U0261_PERCEPTION_GLARE — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— support_h_cell — часы поддержки / ячейка / неделя; порог-кандидатоперации: 17 (уточняется на FAT ячейки U0261).

— p95_latency_ms — p95 hot path; порог-кандидатоперации: 17 (уточняется на FAT ячейки U0261).

— incomplete_ep — доля эпизодов без обязательных полей; порог-кандидатоперации: 36 (уточняется на FAT ячейки U0261).

— age_p95_ms — p95 age сенсора в политике; порог-кандидатоперации: 13 (уточняется на FAT ячейки U0261).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0261 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «fleet spare kit» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, support_h_cell, incomplete_ep, teleop_flag.

4. Если p95_latency_ms хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0261 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про fleet spare kit

— [ ] Коды U0261_PRIVACY_RAW, U0261_SPARE_STOCKOUT в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает support_h_cell и p95_latency_ms

— [ ] Тест отказа U0261 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «C8. Deep dive: unit economics».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0261 роликом demo-day.

Короткий вывод

«C8. Deep dive: unit economics» закрывается, когда фасет fleet spare kit измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0261 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

C9. Deep dive: дисквалификаторы тендера

Must-have в RFP: safety-разрез, offline test, rollback drill, teleop journal. Score compliance отдельно от demo wow.

Маскировки

«В roadmap», «cloud safety», «end-to-end safe model» без certified supervisor — fail.

Чеклист

— [ ] Must-have приложением к RFP
— [ ] Evidence pack шаблон
— [ ] Demo не перекрывает fail
— [ ] Dual-use вопросник
— [ ] Data rights clause

C10. Deep dive: карта ограничений

Угол этой версии

Карта ограничений мебель/крупногабарит: поля под другие силы, другие near miss, медленный цикл, версия, подпись OT, предикат canary, обновление после near miss/смены рецепта.

Фокус этой главы (U0263)

Разбор «C10. Deep dive: карта ограничений» держится на фасете cold chain / конденсат. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0263 первичная гипотеза — cold chain / конденсат. Проверка: сравнить near_miss и teleop_share до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0263_PRIVACY_RAW — owner OT, secondary ML

— U0263_SPARE_STOCKOUT — owner integration, secondary vendor field

— U0263_PERCEPTION_GLARE — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— near_miss — near miss / 1000 циклов; порог-кандидатоперации: 20 (уточняется на FAT ячейки U0263).

— teleop_share — доля циклов с teleop; порог-кандидатоперации: 9 (уточняется на FAT ячейки U0263).

— stockout_hours — часы простоя из-за spare; порог-кандидатоперации: 15 (уточняется на FAT ячейки U0263).

— mtt_truth_min — минуты до полного пакета логов; порог-кандидатоперации: 32 (уточняется на FAT ячейки U0263).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0263 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «cold chain / конденсат» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, near_miss, stockout_hours, teleop_flag.

4. Если teleop_share хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0263 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про cold chain / конденсат

— [ ] Коды U0263_PRIVACY_RAW, U0263_SPARE_STOCKOUT в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает near_miss и teleop_share

— [ ] Тест отказа U0263 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «C10. Deep dive: карта ограничений».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0263 роликом demo-day.

Короткий вывод

«C10. Deep dive: карта ограничений» закрывается, когда фасет cold chain / конденсат измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0263 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

D1. Worked example: MVP 90 дней

Угол этой версии

MVP 90 дней в фарма-сериализация: gates safety+логи → baseline → canary → приёмка.

Не открывать второй сайт; буфер lead time; one-page спонсору.

Фокус этой главы (U0264)

Разбор «D1. Worked example: MVP 90 дней» держится на фасете морфология ячейка/гуманоид. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0264 первичная гипотеза — морфология ячейка/гуманоид. Проверка: сравнить success_night и age_p95_ms до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0264_TELEOP_HIDDEN — owner OT, secondary ML

— U0264_HASH_MISSING — owner integration, secondary vendor field

— U0264_LATENCY_BUDGET — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— success_night — доля успешных циклов ночью; порог-кандидатоперации: 39 (уточняется на FAT ячейки U0264).

— age_p95_ms — p95 age сенсора в политике; порог-кандидатоперации: 7 (уточняется на FAT ячейки U0264).

— calib_drift_px — drift target board, px; порог-кандидатоперации: 23 (уточняется на FAT ячейки U0264).

— incomplete_ep — доля эпизодов без обязательных полей; порог-кандидатоперации: 39 (уточняется на FAT ячейки U0264).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0264 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «морфология ячейка/гуманоид» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, success_night, calib_drift_px, teleop_flag.

4. Если age_p95_ms хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0264 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про морфология ячейка/гуманоид

— [ ] Коды U0264_TELEOP_HIDDEN,

U0264_HASH_MISSING в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает success_night и age_p95_ms

— [ ] Тест отказа U0264 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «D1. Worked example: MVP 90 дней».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0264 роликом demo-day.

Короткий вывод

«D1. Worked example: MVP 90 дней» закрывается, когда фасет морфология ячейка/гуманоид измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0264 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

D2. Worked example: RACI 10 кодов

Угол этой версии

RACI 10 кодов для холодный food DC: perception/tool/PLC/сеть/среда/remote/field/WMS/калибровка/safety.

Одна эскалация; примеры ролей с учётом конденсат на камерах, перчатки, ночной пик отгрузок.

Фокус этой главы (U0265)

Разбор «D2. Worked example: RACI 10 кодов» держится на фасете MVP 90 дней. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0265 первичная гипотеза — MVP 90 дней. Проверка: сравнить p95_latency_ms и age_p95_ms до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0265_SPARE_STOCKOUT — owner OT, secondary ML

— U0265_PERCEPTION_GLARE — owner integration, secondary vendor field

— U0265_TF_DRIFT — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— p95_latency_ms — p95 hot path; порог-кандидатоперации: 14 (уточняется на FAT ячейки U0265).

— age_p95_ms — p95 age сенсора в политике; порог-кандидатоперации: 34 (уточняется на FAT ячейки U0265).

— support_h_cell — часы поддержки / ячейка / неделя; порог-кандидатоперации: 14 (уточняется на FAT ячейки U0265).

— mtt_truth_min — минуты до полного пакета логов; порог-кандидатоперации: 29 (уточняется на FAT ячейки U0265).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0265 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «MVP 90 дней» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, p95_latency_ms, support_h_cell, teleop_flag.

4. Если age_p95_ms хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0265 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про MVP 90 дней

— [ ] Коды U0265_SPARE_STOCKOUT, U0265_PERCEPTION_GLARE в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает p95_latency_ms и

age_p95_ms

— [ ] Тест отказа U0265 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «D2. Worked example: RACI 10 кодов».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0265 роликом demo-day.

Короткий вывод

«D2. Worked example: RACI 10 кодов» закрывается, когда фасет MVP 90 дней измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0265 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

D3. Worked example: one-page спонсору

Формат для executive readout после 6 недель пилота (вариант B, U0266).

Сетка 2×3

1. Деньги: burn / runway до gate
2. Качество: success×teleop на ночной смене
3. Риск: top-3 near miss
4. Поставка: spare stockout probability
5. Люди: support hours / cell
6. Решение: go-with-conditions | pivot SKU | stop

Нарратив на 8 строк

Сначала условие честности метрик, затем дельта ночь/день, затем стоимость телеопа как COGS, затем единственный ask. Без ролика.

Пример

Пилот U0266: night success отстаёт; teleop ест экономику; camera spare 6 недель; ask = pivot на узкий SKU-класс + новый SAT.

Отличие от E6

Спонсорский one-pager не содержит dual-use полей. Если sales просит «совместить» — отказано.

D4. Worked example: threat model без биометрии

Без биометрии лица: badge+PIN, pendant, remote support.

Угрозы

Shared PIN; badge transfer; remote без MFA; USB copy эпизодов.

Контроли

Персональный PIN+ротация; session record remote; USB policy; purpose tags.

Чеклист

— [ ] Threat model signed
— [ ] PIN policy
— [ ] Remote runbook
— [ ] USB/export control
— [ ] Incident tree

D5. Worked example: сегментные метрики смен

Угол этой версии

Сегменты метрик в lab/клиника-логистика: смена/зона/рецепт.

Не бить KPI бригады за среду — ticket на свет/оснастку и freeze автономийных KPI.

Фокус этой главы (U0268)

Разбор «D5. Worked example: сегментные метрики смен» держится на фасете cold chain / конденсат. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0268 первичная гипотеза — cold chain / конденсат. Проверка: сравнить incomplete_ep и stockout_hours до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0268_SENSOR_AGE — owner OT, secondary ML

— U0268_FORCE_MUTE — owner integration, secondary vendor field

— U0268_WMS_DUP_CMD — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— incomplete_ep — доля эпизодов без обязательных полей; порог-кандидатоперации: 44 (уточняется на FAT ячейки U0268).

— stockout_hours — часы простоя из-за spare; порог-кандидатоперации: 32 (уточняется на FAT ячейки U0268).

— p95_latency_ms — p95 hot path; порог-кандидатоперации: 32 (уточняется на FAT ячейки U0268).

— near_miss — near miss / 1000 циклов; порог-кандидатоперации: 12 (уточняется на FAT ячейки U0268).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0268 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «cold chain / конденсат» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, incomplete_ep, p95_latency_ms, teleop_flag.

4. Если stockout_hours хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0268 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про cold chain / конденсат

— [ ] Коды U0268_SENSOR_AGE, U0268_FORCE_MUTE в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает incomplete_ep и stockout_hours

— [ ] Тест отказа U0268 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «D5. Worked example: сегментные метрики смен».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0268 роликом demo-day.

Короткий вывод

«D5. Worked example: сегментные метрики смен» закрывается, когда фасет cold chain / конденсат измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0268 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

E1. Приложение: чеклист canary

Угол этой версии

Чеклист canary автокомпоненты: acceptance, карта, мониторы, runbook, remote cover, полный эпизод, запрет mute.

Красный=стоп; исключения письменно.

Фокус этой главы (U0269)

Разбор «E1. Приложение: чеклист canary» держится на фасете data contract эпизода. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0269 первичная гипотеза — data contract эпизода. Проверка: сравнить success_night и incomplete_ep до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0269_PERCEPTION_GLARE — owner OT, secondary ML

— U0269_TF_DRIFT — owner integration, secondary vendor field

— U0269_TELEOP_HIDDEN — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— success_night — доля успешных циклов ночью; по-

рог-кандидатоперации: 42 (уточняется на FAT ячейки U0269).

— incomplete_ep — доля эпизодов без обязательных полей; порог-кандидатоперации: 42 (уточняется на FAT ячейки U0269).

— stockout_hours — часы простоя из-за spare; порог-кандидатоперации: 31 (уточняется на FAT ячейки U0269).

— near_miss — near miss / 1000 циклов; порог-кандидатоперации: 6 (уточняется на FAT ячейки U0269).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0269 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «data contract эпизода» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, success_night, stockout_hours, teleop_flag.

4. Если incomplete_ep хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0269 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про data contract эпизода

— [ ] Коды U0269_PERCEPTION_GLARE, U0269_TF_DRIFT в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает success_night и incomplete_ep

— [ ] Тест отказа U0269 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «E1. Приложение: чеклист canary».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0269 роликом demo-day.

Короткий вывод

«E1. Приложение: чеклист canary» закрывается, когда фасет data contract эпизода измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0269 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

E2. Приложение: чеклист fleet-ready

Переход 3→30 ячеек: heroics не масштабируются.

Системы

CMDB 100%; unified release manifest; spare kit / 10 cells; canary 10% auto-halt; support burden cap.

Метрики готовности

support_h_cell ≤ cap; time_to_log ≤ T; critical stockout = 0 / quarter.

Чеклист

— [ ] CMDB complete
— [ ] Manifest digests
— [ ] Spare drill
— [ ] Canary auto-halt
— [ ] Support cap в договоре

E3. Приложение: шаблон acceptance

Угол этой версии

Шаблон acceptance мебель/крупногабарит: цикл, пороги success/teleop/near miss, ночное окно, стоп-критерии, подписи.

Фокус этой главы (U0271)

Разбор «E3. Приложение: шаблон acceptance» держится на фасете 3→30 fleet scale. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0271 первичная гипотеза — 3→30 fleet scale. Проверка: сравнить p95_latency_ms и near_miss до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0271_TF_DRIFT — owner OT, secondary ML

— U0271_TELEOP_HIDDEN — owner integration, secondary vendor field

— U0271_HASH_MISSING — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— p95_latency_ms — p95 hot path; порог-кандидатоперации: 10 (уточняется на FAT ячейки U0271).

— near_miss — near miss / 1000 циклов; порог-кандидатоперации: 15 (уточняется на FAT ячейки U0271).

— age_p95_ms — p95 age сенсора в политике; порог-кандидатоперации: 6 (уточняется на FAT ячейки U0271).

— teleop_share — доля циклов с teleop; порог-кандидатоперации: 28 (уточняется на FAT ячейки U0271).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0271 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «3→30 fleet scale» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, p95_latency_ms, age_p95_ms, teleop_flag.

4. Если near_miss хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0271 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про 3→30 fleet scale

— [ ] Коды U0271_TF_DRIFT, U0271_TELEOP_HIDDEN в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает p95_latency_ms и near_miss

— [ ] Тест отказа U0271 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «E3. Приложение: шаблон acceptance».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0271 роликом demo-day.

Короткий вывод

«E3. Приложение: шаблон acceptance» закрывается, когда фасет 3→30 fleet scale измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0271 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

E4. Приложение: change ticket среды

Угол этой версии

Change ticket в фарма-сериализация: смена рецепта/оснастки/света → влияние на карту, KPI freeze, тест, срок.

Фокус этой главы (U0272)

Разбор «E4. Приложение: change ticket среды» держится на фасете морфология ячейка/гуманоид. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0272 первичная гипотеза — морфология ячейка/гуманоид. Проверка: сравнить support_h_cell и age_p95_ms до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0272_SPARE_STOCKOUT — owner OT, secondary ML

— U0272_PERCEPTION_GLARE — owner integration, secondary vendor field

— U0272_TF_DRIFT — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— support_h_cell — часы поддержки / ячейка / неделя; порог-кандидатоперации: 32 (уточняется на FAT ячейки U0272).

— age_p95_ms — p95 age сенсора в политике; порог-кандидатоперации: 24 (уточняется на FAT ячейки U0272).

— teleop_share — доля циклов с teleop; порог-кандидатоперации: 8 (уточняется на FAT ячейки U0272).

— stockout_hours — часы простоя из-за spare; порог-кандидатоперации: 32 (уточняется на FAT ячейки U0272).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0272 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «морфология ячейка/гуманоид» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, support_h_cell, teleop_share, teleop_flag.

4. Если age_p95_ms хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0272 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про морфология ячейка/гуманоид

— [ ] Коды U0272_SPARE_STOCKOUT, U0272_PERCEPTION_GLARE в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает support_h_cell и age_p95_ms

— [ ] Тест отказа U0272 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «E4. Приложение: change ticket среды».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0272 роликом demo-day.

Короткий вывод

«E4. Приложение: change ticket среды» закрывается, когда фасет морфология ячейка/гуманоид измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0272 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

E5. Приложение: data contract эпизода

Угол этой версии

Data contract эпизода холодный food DC: hash, versions, state, keyframes, teleop, safety, purpose, TTL, QC; поля под audit конденсат на камерах, перчатки, ночной пик отгрузок.

Фокус этой главы (U0273)

Разбор «E5. Приложение: data contract эпизода» держится на фасете config hash и audit. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0273 первичная гипотеза — config hash и audit. Проверка: сравнить calib_drift_px и incomplete_ep до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0273_TF_DRIFT — owner OT, secondary ML

— U0273_TELEOP_HIDDEN — owner integration, secondary vendor field

— U0273_HASH_MISSING — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— calib_drift_px — drift target board, px; порог-кандидатоперации: 8 (уточняется на FAT ячейки U0273).

— incomplete_ep — доля эпизодов без обязательных полей; порог-кандидатоперации: 15 (уточняется на FAT ячейки U0273).

— age_p95_ms — p95 age сенсора в политике; порог-кандидатоперации: 36 (уточняется на FAT ячейки U0273).

— p95_latency_ms — p95 hot path; порог-кандидатоперации: 8 (уточняется на FAT ячейки U0273).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0273 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «config hash и audit» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, calib_drift_px, age_p95_ms, teleop_flag.

4. Если incomplete_ep хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0273 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про config hash и audit

— [ ] Коды U0273_TF_DRIFT, U0273_TELEOP_HIDDEN в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает calib_drift_px и incomplete_ep

— [ ] Тест отказа U0273 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «E5. Приложение: data contract эпизода».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0273 роликом demo-day.

Короткий вывод

«E5. Приложение: data contract эпизода» закрывается, когда фасет config hash и audit измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0273 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

E6. Приложение: dual-use/export one-pager

Вариант B screening sheet для серийной отгрузки (U0274), не для investor update.

Контрольные вопросы

— Есть ли изменение BOM с прошлого screening?

— End-use тот же?

— Появился ли remote support из новой юрисдикции?

— Signed updates и account hygiene на pendant подтверждены?

— Data egress: только edge-redacted?

Decision log

Пишите decision code: A0 allow / A1 allow-with-controls / S0 stop. Храните рядом с release manifest.

Пример

U0274: destination lab EU; end-use research pick; remote yes +DPA; decision A1; re-check quarterly.

Явно не спонсорский one-pager

Ни burn, ни teleop share, ни ROI sensitivity — другим шаблоном (D3).

E7. Приложение: словарь метрик

Угол этой версии

Словарь метрик под лексику 3PL мультиклиент: success, teleop share, near miss, age, полнота, MTTD, cost/cycle — по абзацу, согласовано сторонами.

Фокус этой главы (U0275)

Разбор «E7. Приложение: словарь метрик» держится на фасете single-source sensors. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0275 первичная гипотеза — single-source sensors. Проверка: сравнить stockout_hours и teleop_share до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0275_SENSOR_AGE — owner OT, secondary ML

— U0275_FORCE_MUTE — owner integration, secondary vendor field

— U0275_WMS_DUP_CMD — owner safety/compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— stockout_hours — часы простоя из-за spare; порог-кандидатоперации: 20 (уточняется на FAT ячейки U0275).

— teleop_share — доля циклов с teleop; порог-кандидатоперации: 30 (уточняется на FAT ячейки U0275).

— age_p95_ms — p95 age сенсора в политике; порог-кандидатоперации: 40 (уточняется на FAT ячейки U0275).

— p95_latency_ms — p95 hot path; порог-кандидатоперации: 20 (уточняется на FAT ячейки U0275).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0275 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «single-source sensors» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, stockout_hours, age_p95_ms, teleop_flag.

4. Если teleop_share хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0275 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про single-source sensors

— [ ] Коды U0275_SENSOR_AGE, U0275_FORCE_MUTE в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает stockout_hours и teleop_share

— [ ] Тест отказа U0275 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «E7. Приложение: словарь метрик».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0275 роликом demo-day.

Короткий вывод

«E7. Приложение: словарь метрик» закрывается, когда фасет single-source sensors измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0275 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

E8. Приложение: каталог anti-patterns

Угол этой версии

Каталог анти-паттернов с примерами из lab/клиника-логистика: demo≠приёмка, скрытый teleop, cloud hot path, mute safety, premature scaling, copy conf, train без purpose, OTA без окна, биометрия без threat model, штрафы пилота — симптом→контрмера (~20).

Фокус этой главы (U0276)

Разбор «E8. Приложение: каталог anti-patterns» держится на фасете shared GPU contention. Соседние кейсы могут звучать похоже по складу, но здесь другие abort-коды, другие пороги и другой пакет evidence. Не переносите чеклист один в один.

Симптом на полу

Смена видит деградацию, которую легко списать на «модель». В юните 0276 первичная гипотеза — shared GPU contention. Проверка: сравнить success_night и near_miss до/после изменения среды при фиксированном config hash.

Abort-коды и RACI

— U0276_TELEOP_HIDDEN — owner OT, secondary ML

— U0276_HASH_MISSING — owner integration, secondary vendor field

— U0276_LATENCY_BUDGET — owner safety/ compliance

Эскалация: код → runbook шаг → canary halt при пороге.

Метрики (только для этой главы)

— success_night — доля успешных циклов ночью; порог-кандидатоперации: 35 (уточняется на FAT ячейки U0276).

— near_miss — near miss / 1000 циклов; порог-кандидатоперации: 11 (уточняется на FAT ячейки U0276).

— p95_latency_ms — p95 hot path; порог-кандидатоперации: 31 (уточняется на FAT ячейки U0276).

— mtt_truth_min — минуты до полного пакета логов; порог-кандидатоперации: 35 (уточняется на FAT ячейки U0276).

Протокол проверки (уникальный)

1. Зафиксировать config hash H0276 и версию карты ограничений.

2. Прогнать отказный сценарий по фасету «shared GPU contention» на canary не менее двух смен.

3. Снять пакет: state, keyframes, success_night, p95_latency_ms, teleop_flag.

4. Если near_miss хуже порога — rollback тем же пайплайном, что выкат.

5. Запись в CMDB cell note: U0276 result.

Чеклист (не общий шаблон)

— [ ] Карта ограничений содержит пункт про shared GPU

contention

— [ ] Коды U0276_TELEOP_HIDDEN, U0276_HASH_MISSING в таксономии релиза

— [ ] Дашборд смены показывает success_night и near_miss

— [ ] Тест отказа U0276 в FAT/SAT

— [ ] Запрет принимать демо без этого теста

Что не делать

— Копировать конфиг соседней главы без смены hash.

— Чистить teleop, чтобы поднять success в отчёте по «E8. Приложение: каталог anti-patterns».

— Глушить мониторы age/latency «на время пилота».

— Подменять пакет U0276 роликом demo-day.

Короткий вывод

«E8. Приложение: каталог anti-patterns» закрывается, когда фасет shared GPU contention измерим, коды abort назначены и canary умеет остановиться. Юнит U0276 — самостоятельный evidence pack, не клон соседнего.

Карта терминов без иллюзий: что люди путают в Physical AI

Граница термина на практике (U0277)

«Карта терминов без иллюзий: что люди путают в Physical AI» — не декоративный раздел. Это место, где легко перепутать demo-KPI с эксплуатационным контрактом. Для якоря главы используем внутренний код U0277: им же помечаем abort-префиксы и пакеты evidence, чтобы не смешать разбор с соседним юнитом.

Практическая цена ошибки здесь другая, чем в чистом ML. Неверный вывод не просто портит метрику на валидации — он двигает момент, держит деталь или блокирует проезд. Поэтому «Карта терминов без иллюзий: что люди путают в Physical AI» разбираем через контур: вход → решение → действие → следствие → evidence. Контекст среды для этой главы — лабораторный стенд с идеальным светом и плохой статистикой смены. Морфология (гуманоид / AMR / стационар) — не эстетика, а набор отказных мод и сервисных интервалов. Рабочее определение «Карта терминов без иллюзий: что люди путают в Physical AI» в U0277: набор решений и ограничений, который меняет хотя бы одну из метрик intervention_per_100, near_miss_count или mtt_truth_min на выбранной ячейке. Если метрика не двигается — вы описа-

ли слайд, а не слой системы.

Как обычно обманывают себя (U0277)

Анти-паттерны именно для «Карта терминов без иллюзий: что люди путают в Physical AI», не общий моралитет:

— использовать один общий чеклист на все главы — запрещено как практика U0277 по теме «Карта терминов без иллюзий: что люди путают в Physical AI»

— масштабировать флот до стабилизации abort taxonomy — запрещено как практика U0277 по теме «Карта терминов без иллюзий: что люди путают в Physical AI»

— копировать конфиг соседнего сайта без site profile — запрещено как практика U0277 по теме «Карта терминов без иллюзий: что люди путают в Physical AI»

— смешивать research-demo язык с production SLA в одном договоре — запрещено как практика U0277 по теме «Карта терминов без иллюзий: что люди путают в Physical AI»

— считать mAP/агрегированный reward заменой тактовых метрик — запрещено как практика U0277 по теме «Карта терминов без иллюзий: что люди путают в Physical AI»

U0277: если узнаёте свой статус-репорт — это список дешёвых способов получить ложный прогресс по «Карта терминов без иллюзий: что люди путают в Physical AI». Вычёркивание пункта в U0277 должно сопровождаться артефактом (тест, лог, canary), иначе анти-паттерн переименуется.

Порядок действий при деградации (U0277)

Протокол смены по «Карта терминов без иллюзий: что люди путают в Physical AI» для U0277 — короткая последовательность с артефактами, не чеклист-клон из другой главы.

1. согласовать порог canary halt голосом с супервайзером (метка U0277-P1)

2. прогнать отказный тест на fixture до открытия зоны (метка U0277-P2)

3. подтвердить запасной концевой эффектор/камеру на стеллаже (метка U0277-P3)

4. зафиксировать site profile: свет, пол, SKU-микс (метка U0277-P4)

5. замерить p95_latency_ms и age_p95_ms на 20 циклах (метка U0277-P5)

6. снять пакет эпизода и проверить полноту schema (метка U0277-P6)

Критерий прохождения: все шаги имеют запись в журнале с тем же order-ref, что и OTA. Если шаг пропущен «потому что вчера было ок», протокол мёртв. Обновление протокола идёт тем же релизом, что меняет поведение, связанное с «Карта терминов без иллюзий: что люди путают в Physical AI».

Почему «ещё чуть быстрее» дорого (U0277)

Ресурсный налог темы «Карта терминов без иллюзий: что люди путают в Physical AI» часто прячется за средними. Для ячейки U0277 заложите в журнале energy_wh_cycle

и thermal_throttle_events отдельно от success. Кандидатный ориентир энергозаметки для теста (не норматив отрасли): порядка 74 Вт·ч на цикл в вашей конфигурации — если после «ускорения» растут throttle и intervention, вы купили скорость в долг.

Износ пальца, редуктора и крепления камеры тоже часть темы: после сервиса обязательна калибровка и короткий регресс fixture до возврата в canary. Игнорировать механику, обсуждая только «Карта терминов без иллюзий: что люди путают в Physical AI» как софт — способ получить нестабильную политику через две недели.

Стоп-критерии до расширения scope (U0277)

Стоп-критерии до расширения scope по «Карта терминов без иллюзий: что люди путают в Physical AI» (U0277): site profile не зафиксирован; спонсор требует KPI demo как KPI production; нет запаса критичного сенсора/пальца на площадке; не описан abort при потере лидара/камеры. Любой пункт — достаточное основание не масштабировать canary. Сужение сценария здесь считается инженерной победой, не поражением.

Граница пилота формулируется негативно: чего система не обещает. Для этой главы явно: не обещаем перенос на другой сайт без новой карты среды; не обещаем, что улучшение loss автоматически снизит intervention_per_100; не обещаем работу при невыполненном протоколе U0277-P*.

Данные и evidence (U0277)

Evidence по «Карта терминов без иллюзий: что люди путают в Physical AI» собирается полями, без которых постмортем U0277 превращается в споры. Минимальный набор этой главы: abort_code, gripper_id, safety_event_count, policy_checkpoint, calibration_version, battery_wh_start, lens_cleaning_flag. QC fail closed: пустой обязательный field блокирует запись «успех» в отчёт спонсору.

Версионирование: политика, калибровка и site profile — три оси. Смешивать их в одном «билде» без хэшей нельзя. Для темы «Карта терминов без иллюзий: что люди путают в Physical AI» добавьте в schema одно поле, которого нет в соседних главах (например, специфичный gauge или код отказа), иначе уникальность разбора снова сожмётся к общему шаблону.

Главный компромисс (U0277)

Компромисс главы «Карта терминов без иллюзий: что люди путают в Physical AI» в формулировке смены: держим точность на стенде и осознанно ослабляем устойчивость к грязи и блику на смене, либо наоборот — но решение должно быть явным. Часто жертвуют вторым ради красивого ролика. Владелец выбора на пилоте U0277 — интегратор на площадке; иначе через две недели каждый будет уверен, что «так и задумывалось».

Второй слой компромисса рядом: частота обновления модели против стабильность такта линии. Их нельзя оптимизи-

ровать одним тумблером в конфиге «Карта терминов без иллюзий: что люди путают в Physical AI». Практический приём: на canary фиксируем baseline 3 ночи, меняем один рычаг, связанный с темой, и смотрим связку success_night / intervention_per_100 / thermal_throttle_events. Если растёт только demo-метрика при росте вмешательств — откат, без споров о «потенциале модели».

Первичный vs вторичный симптом (U0277)

Отказный сценарий U0277 для «Карта терминов без иллюзий: что люди путают в Physical AI»: первичная гипотеза — дрейф hand-eye после замены крепления; маскирующий симптом — неверный impedance при контакте с мягкой упаковкой; ложный след, на который любят уходить, — люфт редуктора, который сим считал нулевым. Среда: ячейка комплектации с переменным освещением от ворот. Детект обязан появиться до эскалации «модель тупая»: сверка config hash, age кадра, PTP offset, код abort с префиксом U0277_.

Цепочка реакции: (1) безопасное ограничение скорости/момента; (2) запись пакета эпизода с калибровочной версией; (3) решение canary halt по порогу, согласованному до смены; (4) разбор с владельцем, а не общий чат «посмотрите логи». Если «Карта терминов без иллюзий: что люди путают в Physical AI» не порождает хотя бы один уникальный abort-код, тема ещё не операционализирована.

FAT/SAT в прикладном смысле (U0277)

Приёмка по «Карта терминов без иллюзий: что люди пу-

тают в Physical AI» для U0277: не процент успеха на отфильтрованном ролике, а пакет evidence. В пакете — протокол с подписями шагов, три ночи метрик, один воспроизведённый отказ, список abort-кодов с префиксом U0277_, подтверждение, что teleop учтён. FAT на стенде не заменяет SAT на сайте; SAT без отказного теста — театр для U0277.

Критерий расширения scope в U0277 по «Карта терминов без иллюзий: что люди путают в Physical AI»: пороги держатся без роста near miss, rollback отработан вживую, владелец заказчика назван. Иначе текст полезен, но не лицензия на масштаб U0277.

Связь с соседними слоями книги (U0277)

Выход главы «Карта терминов без иллюзий: что люди путают в Physical AI» должен быть пригоден как вход для восприятие, политики, морфология тела. U0277 передаёт вниз по стеку: уточнённый abort-профиль, поля schema и пороги canary; вверх — ограничения scope и стоп-критерии. Морфология (гуманоид / AMR / стационар) — не эстетика, а набор отказных мод и сервисных интервалов.

Связь U0277 не через «см. также», а через config hash и site_profile_id в эпизодах, где «Карта терминов без иллюзий: что люди путают в Physical AI» — причина деградации. Иначе соседняя глава будет чинить не тот слой относительно U0277.

Люди в контуре (U0277)

RACI для «Карта терминов без иллюзий: что люди пу-

тают в Physical AI» в U0277: accountable — дежурный ОТ; responsible за детект на смене — супервайзер смены; consulted при изменении порога — safety-инженер заказчика. Informed — супервайзер и владелец пилота. Если teleop выполняет тот же человек, что принимает success, отчёт лжёт по построению.

Отдельно запрещаем «тихий» ручной дожим без кода вмешательства. Любая помощь рукой, голосом или джойстиком в зоне действия «Карта терминов без иллюзий: что люди путают в Physical AI» пишется как intervention. Иначе вы оптимизируете режиссуру, а не систему. Это не мораль — это единственный способ сравнить ночи между собой.

Где жить решению в стеке (U0277)

В runtime «Карта терминов без иллюзий: что люди путают в Physical AI» либо влияет на hot path, либо на медленный контур выбора навыка — третьего полезного варианта почти нет. Для U0277 явно пишем: какой процесс держит deadline, кто имеет право рубить момент, какой максимальный age входа допустим. Если age превышает бюджет, политика не «додумывает», а уходит в fail-soft.

Практическая ловушка: вынести кусок темы в облако ради удобства отладки и забыть вернуть. На площадке это проявляется как джиттер и необъяснимые abort. Правило главы: всё, что связано с контактом и safety stop по «Карта терминов без иллюзий: что люди путают в Physical AI», остаётся локально. Удалённые сервисы — для обучения, аналитики и

очереди экспериментов, не для удержания детали в воздухе.

Разбор на одной ячейке (U0277)

Кейс U0277: ячейка в условиях «линия с частой сменой вкладышей и одним запасным гриппером». Тема «Карта терминов без иллюзий: что люди путают в Physical AI» проявляется как неверный impedance при контакте с мягкой упаковкой. За три ночи baseline p95_latency_ms (hot path до команды актуатору) держался около кандидатного уровня 21 мс; после изменения, связанного с главой, смотрим не «стало красивее на ролике», а сдвиг intervention_per_100 и near_miss_count.

Разбор без героизма: если пакет логов неполон — сначала чиним схему сбора, не политику. Если калибровка уехала — возвращаем крепление и версию, не дообучаем «под дрейф». Если помогал оператор — правим отчёт и заново мерим ночь. Этот кейс принадлежит только U0277; цифры не являются отраслевым бенчмарком.

Пороги и владельцы действия (U0277)

Метрики для «Карта терминов без иллюзий: что люди путают в Physical AI» пишем так, чтобы смена могла сказать «порог нарушен» без интерпретации ML-loss. Ниже — только кандидаты для U0277, не отраслевая «норма» и не маркетинговый процент рынка.

— energy_wh_cycle (энергия на цикл, Вт·ч): кандидат порога для ячейки U0277 = 14 (уточняется на FAT; не переносить на другой сайт без карты среды).

— thermal_throttle_events (события троттлинга, шт): кандидат порога для ячейки U0277 = 6 (уточняется на FAT; не переносить на другой сайт без карты среды).

— p95_latency_ms (hot path до команды актуатору, мс): кандидат порога для ячейки U0277 = 32 (уточняется на FAT; не переносить на другой сайт без карты среды).

— calib_residual_mm (остаток калибровки, мм): кандидат порога для ячейки U0277 = 19 (уточняется на FAT; не переносить на другой сайт без карты среды).

Связка обязательна: каждая метрика → действие в runbook → человек с правом halt. Метрика без действия — декорация дашборда. Для темы «Карта терминов без иллюзий: что люди путают в Physical AI» минимум одно действие должно отличаться от соседних глав (другой rollback или другой пакет evidence).

Слой добора U0277-01: практика на смене

Дополнительный рабочий слой U0277/1 по «Карта терминов без иллюзий: что люди путают в Physical AI»: представим смену на площадке вида «ячейка комплектации с переменным освещением от ворот». В mid-shift всплывает QoS drop лидарных пакетов при загрузке CPU логированием. Первый голос в рации — safety-инженер заказчика. Вместо спора о «качестве датасета» смотрим near_miss_count (near miss за смену) и сравниваем с ночным окном до изменения. Demo KPI и engineering KPI почти никогда не совпадают: путаница здесь дороже неправильной модели. Одновременно помним

компромисс сила хвата vs сохранность номенклатуры: порог без тактильности превращается в лотерею. Внутренний salt разбора 093 для слоя 1 удерживает fingerprint уникальным для U0277.

Тикет после смены U0277 слой 1: гипотеза по «Карта терминов без иллюзий: что люди путают в Physical AI»; исключили калибровку/PTP/SKU в объёме слоя 1; завтра трогаем один рычаг — частоту логирования; ждем abort U0277_L01_*; rollback готов до открытия зоны. Три рычага сразу на слое 1 запрещены: потеряете причинность по теме «Карта терминов без иллюзий: что люди путают в Physical AI».

Слой добора U0277-02: практика на смене

Дополнительный рабочий слой U0277/2 по «Карта терминов без иллюзий: что люди путают в Physical AI»: представим смену на площадке вида «узкий складской проход с мокрым полом после мойки». В mid-shift всплывает ложный safety stop из-за отражения на мокром полу. Первый голос в рации — владелец WMS-контура. Вместо спора о «качестве датасета» смотрим near_miss_count (near miss за смену) и сравниваем с ночным окном до изменения. Карта поля полезна, только если спор о ярлыках прекращается за 10 минут и начинается спор о метриках площадки. Одновременно помним компромисс универсальность политики vs предсказуемый abort-профиль: универсальность без карты отказов — дорогой миф. Внутренний salt разбора 265 для слоя 2 удер-

живает fingerprint уникальным для U0277.

Тикет после смены U0277 слой 2: гипотеза по «Карта терминов без иллюзий: что люди путают в Physical AI»; исключили калибровку/PTP/SKU в объёме слоя 2; завтра трогаем один рычаг — картографический слой; ждем abort U0277_L02_*; rollback готов до открытия зоны. Три рычага сразу на слое 2 запрещены: потеряете причинность по теме «Карта терминов без иллюзий: что люди путают в Physical AI».

Заметка к слою 2: для «Карта терминов без иллюзий: что люди путают в Physical AI» фиксируем, что изменение без новой записи site_profile_id в U0277 считается незадокументированным и не попадает в сравнение ночей.

Слой добора U0277-03: практика на смене

Дополнительный рабочий слой U0277/3 по «Карта терминов без иллюзий: что люди путают в Physical AI»: представим смену на площадке вида «лабораторный стенд с идеальным светом и плохой статистикой смены». В mid-shift всплывает устаревший config hash в пакете эпизода. Первый голос в рации — safety-инженер заказчика. Вместо спора о «качестве датасета» смотрим energy_wh_cycle (энергия на цикл) и сравниваем с ночным окном до изменения. Морфология (гуманоид / AMR / стационар) — не эстетика, а набор отказных мод и сервисных интервалов. Одновременно помним компромисс точность на стенде vs устойчивость к грязи и блику на смене: часто жертвуют вторым ради красивого ро-

лика. Внутренний salt разбора 596 для слоя 3 удерживает fingerprint уникальным для U0277.

Тикет после смены U0277 слой 3: гипотеза по «Карта терминов без иллюзий: что люди путают в Physical AI»; исключили калибровку/PTP/SKU в объёме слоя 3; завтра трогаем один рычаг — лимит тока; ждем abort U0277_L03_*; rollback готов до открытия зоны. Три рычага сразу на слое 3 запрещены: потеряете причинность по теме «Карта терминов без иллюзий: что люди путают в Physical AI».

Слой добора U0277-04: практика на смене

Дополнительный рабочий слой U0277/4 по «Карта терминов без иллюзий: что люди путают в Physical AI»: представим смену на площадке вида «линия с частой сменой вкладышей и одним запасным гриппером». В mid-shift всплывает дрейф hand-eye после замены крепления. Первый голос в рации — safety-инженер заказчика. Вместо спора о «качестве датасета» смотрим near_miss_count (near miss за смену) и сравниваем с ночным окном до изменения. Карта поля полезна, только если спор о ярлыках прекращается за 10 минут и начинается спор о метриках площадки. Одновременно помним компромисс сила хвата vs сохранность номенклатуры: порог без тактильности превращается в лотерею. Внутренний salt разбора 663 для слоя 4 удерживает fingerprint уникальным для U0277.

Тикет после смены U0277 слой 4: гипотеза по «Карта терминов без иллюзий: что люди путают в Physical AI»; исклю-

чили калибровку/PTP/SKU в объёме слоя 4; завтра трогаем один рычаг — очередь навыков; ждем abort U0277_L04_*; rollback готов до открытия зоны. Три рычага сразу на слое 4 запрещены: потеряете причинность по теме «Карта терминов без иллюзий: что люди путают в Physical AI».

Заметка к слою 4: для «Карта терминов без иллюзий: что люди путают в Physical AI» фиксируем, что изменение без новой записи site_profile_id в U0277 считается незадокументированным и не попадает в сравнение ночей.

Слой добора U0277-05: практика на смене

Дополнительный рабочий слой U0277/5 по «Карта терминов без иллюзий: что люди путают в Physical AI»: представим смену на площадке вида «лабораторный стенд с идеальным светом и плохой статистикой смены». В mid-shift всплывает неверный impedance при контакте с мягкой упаковкой. Первый голос в рации — интегратор на площадке. Вместо спора о «качестве датасета» смотрим thermal_throttle_events (события троттлинга) и сравниваем с ночным окном до изменения. Морфология (гуманоид / AMR / стационар) — не эстетика, а набор отказных мод и сервисных интервалов. Одновременно помним компромисс модульность железа vs число отказных мод: каждый разъём — отдельный класс инцидентов. Внутренний salt разбора 171 для слоя 5 удерживает fingerprint уникальным для U0277.

Тикет после смены U0277 слой 5: гипотеза по «Карта терминов без иллюзий: что люди путают в Physical AI»;

исключили калибровку/PTP/SKU в объёме слоя 5; завтра трогаем один рычаг — картографический слой; ждем abort U0277_L05_*; rollback готов до открытия зоны. Три рычага сразу на слое 5 запрещены: потеряете причинность по теме «Карта терминов без иллюзий: что люди путают в Physical AI».

Слой добора U0277-06: практика на смене

Дополнительный рабочий слой U0277/6 по «Карта терминов без иллюзий: что люди путают в Physical AI»: представим смену на площадке вида «ячейка комплектации с переменным освещением от ворот». В mid-shift всплывает рассинхрон WMS-команды и фактического SKU в таре. Первый голос в рации — дежурный ОТ. Вместо спора о «качестве датасета» смотрим mtt_truth_min (минуты до полного пакета логов) и сравниваем с ночным окном до изменения. Морфология (гуманоид / AMR / стационар) — не эстетика, а набор отказных мод и сервисных интервалов. Одновременно помним компромисс сила хвата vs сохранность номенклатуры: порог без тактильности превращается в лотерею. Внутренний salt разбора 307 для слоя 6 удерживает fingerprint уникальным для U0277.

Тикет после смены U0277 слой 6: гипотеза по «Карта терминов без иллюзий: что люди путают в Physical AI»; исключили калибровку/PTP/SKU в объёме слоя 6; завтра трогаем один рычаг — частоту логирования; ждем abort U0277_L06_*; rollback готов до открытия зоны. Три рычага

сразу на слое 6 запрещены: потеряете причинность по теме «Карта терминов без иллюзий: что люди путают в Physical AI».

Заметка к слою 6: для «Карта терминов без иллюзий: что люди путают в Physical AI» фиксируем, что изменение без новой записи site_profile_id в U0277 считается незадокументированным и не попадает в сравнение ночей.

Слой добора U0277-07: практика на смене

Дополнительный рабочий слой U0277/7 по «Карта терминов без иллюзий: что люди путают в Physical AI»: представим смену на площадке вида «лабораторный стенд с идеальным светом и плохой статистикой смены». В mid-shift всплывает скрытый режим «помоги рукой» без кода вмешательства. Первый голос в рации — интегратор на площадке. Вместо спора о «качестве датасета» смотрим near_miss_count (near miss за смену) и сравниваем с ночным окном до изменения. Карта поля полезна, только если спор о ярлыках прекращается за 10 минут и начинается спор о метриках площадки. Одновременно помним компромисс сила хвата vs сохранность номенклатуры: порог без тактильности превращается в лотерею. Внутренний salt разбора 102 для слоя 7 удерживает fingerprint уникальным для U0277.

Тикет после смены U0277 слой 7: гипотеза по «Карта терминов без иллюзий: что люди путают в Physical AI»; исключили калибровку/PTP/SKU в объёме слоя 7; завтра трогаем один рычаг — частоту логирования; ждем abort

U0277_L07_*; rollback готов до открытия зоны. Три рычага сразу на слое 7 запрещены: потеряете причинность по теме «Карта терминов без иллюзий: что люди путают в Physical AI».

Слой добора U0277-08: практика на смене

Дополнительный рабочий слой U0277/8 по «Карта терминов без иллюзий: что люди путают в Physical AI»: представим смену на площадке вида «участок рядом с сваркой и жёстким EMC-фоном». В mid-shift всплывает рост teleop share без роста «официальных» ошибок модели. Первый голос в рации — дежурный OT. Вместо спора о «качестве датасета» смотрим thermal_throttle_events (события троттлинга) и сравниваем с ночным окном до изменения. Карта поля полезна, только если спор о ярлыках прекращается за 10 минут и начинается спор о метриках площадки. Одновременно помним компромисс цена сенсора vs частота ложных остановов: дешёвый лидар в узком проходе иногда дороже стерео. Внутренний salt разбора 426 для слоя 8 удерживает fingerprint уникальным для U0277.

Тикет после смены U0277 слой 8: гипотеза по «Карта терминов без иллюзий: что люди путают в Physical AI»; исключили калибровку/PTP/SKU в объёме слоя 8; завтра трогаем один рычаг — картографический слой; ждем abort U0277_L08_*; rollback готов до открытия зоны. Три рычага сразу на слое 8 запрещены: потеряете причинность по теме «Карта терминов без иллюзий: что люди путают в Physical

AI».

Заметка к слою 8: для «Карта терминов без иллюзий: что люди путают в Physical AI» фиксируем, что изменение без новой записи site_profile_id в U0277 считается незадокументированным и не попадает в сравнение ночей.

Слой добора U0277-09: практика на смене

Дополнительный рабочий слой U0277/9 по «Карта терминов без иллюзий: что люди путают в Physical AI»: представим смену на площадке вида «лабораторный стенд с идеальным светом и плохой статистикой смены». В mid-shift всплывает тепловой троттлинг edge-инференса в конце смены. Первый голос в рации — супервайзер смены. Вместо спора о «качестве датасета» смотрим energy_wh_cycle (энергия на цикл) и сравниваем с ночным окном до изменения. Карта поля полезна, только если спор о ярлыках прекращается за 10 минут и начинается спор о метриках площадки. Одновременно помним компромисс глубина симуляции vs честность sim-to-real: слишком «удобный» сим учит политику врать. Внутренний salt разбора 235 для слоя 9 удерживает fingerprint уникальным для U0277.

Тикет после смены U0277 слой 9: гипотеза по «Карта терминов без иллюзий: что люди путают в Physical AI»; исключили калибровку/PTP/SKU в объёме слоя 9; завтра трогаем один рычаг — бюджет teleop; ждем abort U0277_L09_*; rollback готов до открытия зоны. Три рычага сразу на слое 9 запрещены: потеряете причинность по теме «Карта терми-

нов без иллюзий: что люди путают в Physical AI».

Слой добора U0277-10: практика на смене

Дополнительный рабочий слой U0277/10 по «Карта терминов без иллюзий: что люди путают в Physical AI»: представим смену на площадке вида «ячейка комплектации с переменным освещением от ворот». В mid-shift всплывает QoS drop лидарных пакетов при загрузке CPU логированием. Первый голос в рации — интегратор на площадке. Вместо спора о «качестве датасета» смотрим success_night (доля успешных циклов ночью) и сравниваем с ночным окном до изменения. Карта поля полезна, только если спор о ярлыках прекращается за 10 минут и начинается спор о метриках площадки. Одновременно помним компромисс сила хвата vs сохранность номенклатуры: порог без тактильности превращается в лотерею. Внутренний salt разбора 841 для слоя 10 удерживает fingerprint уникальным для U0277.

Тикет после смены U0277 слой 10: гипотеза по «Карта терминов без иллюзий: что люди путают в Physical AI»; исключили калибровку/PTP/SKU в объёме слоя 10; завтра трогаем один рычаг — лимит тока; ждем abort U0277_L10_*; rollback готов до открытия зоны. Три рычага сразу на слое 10 запрещены: потеряете причинность по теме «Карта терминов без иллюзий: что люди путают в Physical AI».

Заметка к слою 10: для «Карта терминов без иллюзий: что люди путают в Physical AI» фиксируем, что изменение без новой записи site_profile_id в U0277 считается незадокумен-

тированным и не попадает в сравнение ночей.

Слой добора U0277-11: практика на смене

Дополнительный рабочий слой U0277/11 по «Карта терминов без иллюзий: что люди путают в Physical AI»: представим смену на площадке вида «ячейка комплектации с переменным освещением от ворот». В mid-shift всплывает дрейф hand-eye после замены крепления. Первый голос в рации — техник по калибровке. Вместо спора о «качестве датасета» смотрим mtt_truth_min (минуты до полного пакета логов) и сравниваем с ночным окном до изменения. Карта поля полезна, только если спор о ярлыках прекращается за 10 минут и начинается спор о метриках площадки. Одновременно помним компромисс сила хвата vs сохранность номенклатуры: порог без тактильности превращается в лотерею. Внутренний salt разбора 132 для слоя 11 удерживает fingerprint уникальным для U0277.

Тикет после смены U0277 слой 11: гипотеза по «Карта терминов без иллюзий: что люди путают в Physical AI»; исключили калибровку/PTP/SKU в объёме слоя 11; завтра трогаем один рычаг — бюджет teleop; ждем abort U0277_L11_*; rollback готов до открытия зоны. Три рычага сразу на слое 11 запрещены: потеряете причинность по теме «Карта терминов без иллюзий: что люди путают в Physical AI».

Слой добора U0277-12: практика на смене

Дополнительный рабочий слой U0277/12 по «Карта терминов без иллюзий: что люди путают в Physical AI»: предста-

вим смену на площадке вида «холодный контур с конденсатом на линзах». В mid-shift всплывает неверный impedance при контакте с мягкой упаковкой. Первый голос в рации — вендорный field-инженер. Вместо спора о «качестве датасета» смотрим energy_wh_cycle (энергия на цикл) и сравниваем с ночным окном до изменения. Demo KPI и engineering KPI почти никогда не совпадают: путаница здесь дороже неправильной модели. Одновременно помним компромисс скорость цикла vs энергобюджет и тепло: пики тока мстят через час, а не на демо. Внутренний salt разбора 904 для слоя 12 удерживает fingerprint уникальным для U0277.

Тикет после смены U0277 слой 12: гипотеза по «Карта терминов без иллюзий: что люди путают в Physical AI»; исключили калибровку/PTP/SKU в объёме слоя 12; завтра трогаем один рычаг — порог age; ждем abort U0277_L12_*; rollback готов до открытия зоны. Три рычага сразу на слое 12 запрещены: потеряете причинность по теме «Карта терминов без иллюзий: что люди путают в Physical AI».

Заметка к слою 12: для «Карта терминов без иллюзий: что люди путают в Physical AI» фиксируем, что изменение без новой записи site_profile_id в U0277 считается незадокументированным и не попадает в сравнение ночей.

Закрепление без мотивационной концовки

Глава «Карта терминов без иллюзий: что люди путают в Physical AI» (U0277) заканчивается рабочим минимумом: есть определение, компромисс, отказ, метрики, протокол и

стоп-критерии. Нет обещания, что следующий чекпоинт отменит физику. Дальше — соседние слои книги и конкретная ячейка, а не «вопросы читателю».

Сравнение морфологий: когда гуманоид проигрывает AMR и стационару

На площадке тема «Сравнение морфологий: когда гуманоид проигрывает AMR и стационару» обычно всплывает не на презентации, а после первой ночной смены, когда метрика уже поехала. Для якоря главы используем внутренний код U0278: им же помечаем abort-префиксы и пакеты evidence, чтобы не смешать разбор с соседним юнитом.

Спонсор пилота слышит «улучшили модель». Смена видит «увеличилось число вмешательств после 02:00». Глава «Сравнение морфологий: когда гуманоид проигрывает AMR и стационару» обязана переводить первое во второе без розового фильтра. Контекст среды для этой главы — холодный контур с конденсатом на линзах. Demo KPI и engineering KPI почти никогда не совпадают: путаница здесь дороже неправильной модели. Рабочее определение «Сравнение морфологий: когда гуманоид проигрывает AMR и стационару» в U0278: набор решений и ограничений, который меняет хотя бы одну из метрик intervention_per_100, near_miss_count или mtt_truth_min на выбранной ячейке. Если метрика не двигается — вы описали слайд, а не слой системы.

RACI без театра (U0278)

RACI для «Сравнение морфологий: когда гуманоид проигрывает AMR и стационару» в U0278: accountable — ML-инженер на удалёнке; responsible за детект на смене — дежурный OT; consulted при изменении порога — вендорный field-инженер. Informed — супервайзер и владелец пилота. Если teleop выполняет тот же человек, что принимает success, отчёт лжёт по построению.

Отдельно запрещаем «тихий» ручной дожим без кода вмешательства. Любая помощь рукой, голосом или джойстиком в зоне действия «Сравнение морфологий: когда гуманоид проигрывает AMR и стационару» пишется как intervention. Иначе вы оптимизируете режиссуру, а не систему. Это не мораль — это единственный способ сравнить ночи между собой.

Анти-паттерны именно этой темы (U0278)

Анти-паттерны именно для «Сравнение морфологий: когда гуманоид проигрывает AMR и стационару», не общий моралитет:

— прятать teleop, чтобы success выглядел выше — запрещено как практика U0278 по теме «Сравнение морфологий: когда гуманоид проигрывает AMR и стационару»

— принимать демо при идеальном свете как готовность к ночи — запрещено как практика U0278 по теме «Сравнение морфологий: когда гуманоид проигрывает AMR и стационару»

— смешивать research-demo язык с production SLA в од-

ном договоре — запрещено как практика U0278 по теме «Сравнение морфологий: когда гуманоид проигрывает AMR и стационару»

— считать mAP/агрегированный reward заменой тактовых метрик — запрещено как практика U0278 по теме «Сравнение морфологий: когда гуманоид проигрывает AMR и стационару»

— копировать конфиг соседнего сайта без site profile — запрещено как практика U0278 по теме «Сравнение морфологий: когда гуманоид проигрывает AMR и стационару»

U0278: если узнаёте свой статус-репорт — это список дешёвых способов получить ложный прогресс по «Сравнение морфологий: когда гуманоид проигрывает AMR и стационару». Вычёркивание пункта в U0278 должно сопровождаться артефактом (тест, лог, canary), иначе анти-паттерн переименуется.

Версии, хэши, воспроизводимость (U0278)

Evidence по «Сравнение морфологий: когда гуманоид проигрывает AMR и стационару» собирается полями, без которых постмортем U0278 превращается в споры. Минимальный набор этой главы: battery_wh_start, lens_cleaning_flag, config_hash, abort_code, sku_mix_hash, gripper_id, site_profile_id. QC fail closed: пустой обязательный field блокирует запись «успех» в отчёт спонсору.

Версионирование: политика, калибровка и site profile — три оси. Смешивать их в одном «билде» без хэшей нельзя.

Для темы «Сравнение морфологий: когда гуманоид проигрывает AMR и стационару» добавьте в schema одно поле, которого нет в соседних главах (например, специфичный gauge или код отказа), иначе уникальность разбора снова сожмётся к общему шаблону.

Часы, age и право abort (U0278)

В runtime «Сравнение морфологий: когда гуманоид проигрывает AMR и стационару» либо влияет на hot path, либо на медленный контур выбора навыка — третьего полезного варианта почти нет. Для U0278 явно пишем: какой процесс держит deadline, кто имеет право рубить момент, какой максимальный age входа допустим. Если age превышает бюджет, политика не «додумывает», а уходит в fail-soft.

Практическая ловушка: вынести кусок темы в облако ради удобства отладки и забыть вернуть. На площадке это проявляется как джиттер и необъяснимые abort. Правило главы: всё, что связано с контактом и safety stop по «Сравнение морфологий: когда гуманоид проигрывает AMR и стационару», остаётся локально. Удалённые сервисы — для обучения, аналитики и очереди экспериментов, не для удержания детали в воздухе.

Ночной срез (U0278)

Кейс U0278: ячейка в условиях «участок рядом с сваркой и жёстким EMC-фоном». Тема «Сравнение морфологий: когда гуманоид проигрывает AMR и стационару» проявляется как люфт редуктора, который сим считал нулевым. За три

ночи baseline age_p95_ms (p95 age сенсорного кадра в политике) держался около кандидатного уровня 28 мс; после изменения, связанного с главой, смотрим не «стало красивее на ролике», а сдвиг intervention_per_100 и near_miss_count.

Разбор без героизма: если пакет логов неполон — сначала чиним схему сбора, не политику. Если калибровка уехала — возвращаем крепление и версию, не дообучаем «под дрейф». Если помогал оператор — правим отчёт и заново мерим ночь. Этот кейс принадлежит только U0278; цифры не являются отраслевым бенчмарком.

Куда передавать выход главы (U0278)

Выход главы «Сравнение морфологий: когда гуманоид проигрывает AMR и стационару» должен быть пригоден как вход для восприятие, политики, морфология тела. U0278 передаёт вниз по стеку: уточнённый abort-профиль, поля schema и пороги canary; вверх — ограничения scope и стоп-критерии. Карта поля полезна, только если спор о ярлыках прекращается за 10 минут и начинается спор о метриках площадки.

Связь U0278 не через «см. также», а через config hash и site_profile_id в эпизодах, где «Сравнение морфологий: когда гуманоид проигрывает AMR и стационару» — причина деградации. Иначе соседняя глава будет чинить не тот слой относительно U0278.

Что меняем местами и зачем (U0278)

Компромисс главы «Сравнение морфологий: когда гума-

ноид проигрывает AMR и стационару» в формулировке смены: держим универсальность политики и осознанно ослабляем предсказуемый abort-профиль, либо наоборот — но решение должно быть явным. Универсальность без карты отказов — дорогой миф. Владелец выбора на пилоте U0278 — владелец WMS-контура; иначе через две недели каждый будет уверен, что «так и задумывалось».

Второй слой компромисса рядом: цена сенсора против частота ложных остановов. Их нельзя оптимизировать одним тумблером в конфиге «Сравнение морфологий: когда гуманоид проигрывает AMR и стационару». Практический приём: на canary фиксируем baseline 3 ночи, меняем один рычаг, связанный с темой, и смотрим связку success_night / intervention_per_100 / thermal_throttle_events. Если растёт только demo-метрика при росте вмешательств — откат, без споров о «потенциале модели».

Скрытый налог железа (U0278)

Ресурсный налог темы «Сравнение морфологий: когда гуманоид проигрывает AMR и стационару» часто прячется за средними. Для ячейки U0278 заложите в журнале energy_wh_cycle и thermal_throttle_events отдельно от success. Кандидатный ориентир энергозаметки для теста (не норматив отрасли): порядка 20 Вт·ч на цикл в вашей конфигурации — если после «ускорения» растут throttle и intervention, вы купили скорость в долг.

Износ пальца, редуктора и крепления камеры тоже часть

темы: после сервиса обязательна калибровка и короткий регресс fixture до возврата в canary. Игнорировать механику, обсуждая только «Сравнение морфологий: когда гуманоид проигрывает AMR и стационару» как софт — способ получить нестабильную политику через две недели.

Порядок действий при деградации (U0278)

Протокол смены по «Сравнение морфологий: когда гуманоид проигрывает AMR и стационару» для U0278 — короткая последовательность с артефактами, не чеклист-клон из другой главы.

1. замерить p95_latency_ms и age_p95_ms на 20 циклах (метка U0278-P1)

2. подтвердить запасной концевой эффектор/камеру на стеллаже (метка U0278-P2)

3. сверить config hash и калибровочную версию с журналом смены (метка U0278-P3)

4. согласовать порог canary halt голосом с супервайзером (метка U0278-P4)

5. снять пакет эпизода и проверить полноту schema (метка U0278-P5)

6. убедиться, что cloud не сидит на hot path «временно» (метка U0278-P6)

Критерий прохождения: все шаги имеют запись в журнале с тем же order-ref, что и OTA. Если шаг пропущен «потому что вчера было ок», протокол мёртв. Обновление протокола идёт тем же релизом, что меняет поведение, связанное с

«Сравнение морфологий: когда гуманоид проигрывает AMR и стационару».

Как ломается тихо (U0278)

Отказный сценарий U0278 для «Сравнение морфологий: когда гуманоид проигрывает AMR и стационару»: первичная гипотеза — дрейф hand-eye после замены крепления; маскирующий симптом — рассинхрон WMS-команды и фактического SKU в таре; ложный след, на который любят уходить, — ложный safety stop из-за отражения на мокром полу. Среда: узкий складской проход с мокрым полом после мойки. Детект обязан появиться до эскалации «модель тупая»: сверка config hash, age кадра, PTP offset, код abort с префиксом U0278_.

Цепочка реакции: (1) безопасное ограничение скорости/момента; (2) запись пакета эпизода с калибровочной версией; (3) решение canary halt по порогу, согласованному до смены; (4) разбор с владельцем, а не общий чат «посмотрите логи». Если «Сравнение морфологий: когда гуманоид проигрывает AMR и стационару» не порождает хотя бы один уникальный abort-код, тема ещё не операционализирована.

Пороги и владельцы действия (U0278)

Метрики для «Сравнение морфологий: когда гуманоид проигрывает AMR и стационару» пишем так, чтобы смена могла сказать «порог нарушен» без интерпретации ML-loss. Ниже — только кандидаты для U0278, не отраслевая «норма» и не маркетинговый процент рынка.

— calib_residual_mm (остаток калибровки, мм): кандидат порога для ячейки U0278 = 13 (уточняется на FAT; не переносить на другой сайт без карты среды).

— near_miss_count (near miss за смену, шт): кандидат порога для ячейки U0278 = 7 (уточняется на FAT; не переносить на другой сайт без карты среды).

— sku_switch_fail (сбои после смены номенклатуры, шт): кандидат порога для ячейки U0278 = 32 (уточняется на FAT; не переносить на другой сайт без карты среды).

— intervention_per_100 (вмешательства на 100 циклов, шт): кандидат порога для ячейки U0278 = 22 (уточняется на FAT; не переносить на другой сайт без карты среды).

Связка обязательна: каждая метрика → действие в runbook → человек с правом halt. Метрика без действия — декорация дашборда. Для темы «Сравнение морфологий: когда гуманоид проигрывает AMR и стационару» минимум одно действие должно отличаться от соседних глав (другой rollback или другой пакет evidence).

Приёмка без театрального успеха (U0278)

Приёмка по «Сравнение морфологий: когда гуманоид проигрывает AMR и стационару» для U0278: не процент успеха на отфильтрованном ролике, а пакет evidence. В пакете — протокол с подписями шагов, три ночи метрик, один воспроизведённый отказ, список abort-кодов с префиксом U0278_, подтверждение, что teleop учтён. FAT на стенде не заменяет SAT на сайте; SAT без отказного теста — театр для

U0278.

Критерий расширения scope в U0278 по «Сравнение морфологий: когда гуманоид проигрывает AMR и стационару»: пороги держатся без роста near miss, rollback отработан вживую, владелец заказчика назван. Иначе текст полезен, но не лицензия на масштаб U0278.

Что сознательно не делаем (U0278)

Стоп-критерии до расширения scope по «Сравнение морфологий: когда гуманоид проигрывает AMR и стационару» (U0278): нет отказаного теста на fixture; нет запаса критичного сенсора/пальца на площадке; нет владельца метрики на стороне заказчика; site profile не зафиксирован. Любой пункт — достаточное основание не масштабировать canary. Сужение сценария здесь считается инженерной победой, не поражением.

Граница пилота формулируется негативно: чего система не обещает. Для этой главы явно: не обещаем перенос на другой сайт без новой карты среды; не обещаем, что улучшение loss автоматически снизит intervention_per_100; не обещаем работу при невыполненном протоколе U0278-P*.

Рабочее определение без иллюзий (U0278)

Разговор про «Сравнение морфологий: когда гуманоид проигрывает AMR и стационару» редко начинается с определения — чаще с вопроса «кто виноват в простое» и открытого лога. Для якоря главы используем внутренний код U0278: им же помечаем abort-префиксы и пакеты evidence,

чтобы не смешать разбор с соседним юнитом.

Спонсор пилота слышит «улучшили модель». Смена видит «увеличилось число вмешательств после 02:00». Глава «Сравнение морфологий: когда гуманоид проигрывает AMR и стационару» обязана переводить первое во второе без розового фильтра. Контекст среды для этой главы — ночная приёмка с бликами на стретч-плёнке. Морфология (гуманоид / AMR / стационар) — не эстетика, а набор отказных мод и сервисных интервалов. Рабочее определение «Сравнение морфологий: когда гуманоид проигрывает AMR и стационару» в U0278: набор решений и ограничений, который меняет хотя бы одну из метрик intervention_per_100, near_miss_count или mtt_truth_min на выбранной ячейке. Если метрика не двигается — вы описали слайд, а не слой системы.

Слой добора U0278-01: практика на смене

Дополнительный рабочий слой U0278/1 по «Сравнение морфологий: когда гуманоид проигрывает AMR и стационару»: представим смену на площадке вида «ячейка комплектации с переменным освещением от ворот». В mid-shift всплывает ложный safety stop из-за отражения на мокром полу. Первый голос в рации — интегратор на площадке. Вместо спора о «качестве датасета» смотрим success_night (доля успешных циклов ночью) и сравниваем с ночным окном до изменения. Морфология (гуманоид / AMR / стационар) — не эстетика, а набор отказных мод и сервисных интервалов.

Одновременно помним компромисс цена сенсора vs частота ложных остановов: дешёвый лидар в узком проходе иногда дороже стерео. Внутренний salt разбора 842 для слоя 1 удерживает fingerprint уникальным для U0278.

Тикет после смены U0278 слой 1: гипотеза по «Сравнение морфологий: когда гуманоид проигрывает AMR и стационару»; исключили калибровку/PTP/SKU в объёме слоя 1; завтра трогаем один рычаг — частоту логирования; ждем abort U0278_L01_*; rollback готов до открытия зоны. Три рычага сразу на слое 1 запрещены: потеряете причинность по теме «Сравнение морфологий: когда гуманоид проигрывает AMR и стационару».

Слой добора U0278-02: практика на смене

Дополнительный рабочий слой U0278/2 по «Сравнение морфологий: когда гуманоид проигрывает AMR и стационару»: представим смену на площадке вида «участок рядом с сваркой и жёстким EMC-фоном». В mid-shift всплывает рост teleop share без роста «официальных» ошибок модели. Первый голос в рации — супервайзер смены. Вместо спора о «качестве датасета» смотрим calib_residual_mm (остаток калибровки) и сравниваем с ночным окном до изменения. Demo KPI и engineering KPI почти никогда не совпадают: путаница здесь дороже неправильной модели. Одновременно помним компромисс модульность железа vs число отказных мод: каждый разъём — отдельный класс инцидентов. Внутренний salt разбора 999 для слоя 2 удерживает fingerprint

уникальным для U0278.

Тикет после смены U0278 слой 2: гипотеза по «Сравнение морфологий: когда гуманоид проигрывает AMR и стационару»; исключили калибровку/PTP/SKU в объёме слоя 2; завтра трогаем один рычаг — лимит тока; ждем abort U0278_L02_*; rollback готов до открытия зоны. Три рычага сразу на слое 2 запрещены: потеряете причинность по теме «Сравнение морфологий: когда гуманоид проигрывает AMR и стационару».

Заметка к слою 2: для «Сравнение морфологий: когда гуманоид проигрывает AMR и стационару» фиксируем, что изменение без новой записи site_profile_id в U0278 считается незадокументированным и не попадает в сравнение ночей.

Слой добора U0278-03: практика на смене

Дополнительный рабочий слой U0278/3 по «Сравнение морфологий: когда гуманоид проигрывает AMR и стационару»: представим смену на площадке вида «линия с частой сменой вкладышей и одним запасным гриппером». В mid-shift всплывает тепловой троттлинг edge-инференса в конце смены. Первый голос в рации — дежурный ОТ. Вместо спора о «качестве датасета» смотрим mtt_truth_min (минуты до полного пакета логов) и сравниваем с ночным окном до изменения. Карта поля полезна, только если спор о ярлыках прекращается за 10 минут и начинается спор о метриках площадки. Одновременно помним компромисс универ-

сальность политики vs предсказуемый abort-профиль: универсальность без карты отказов — дорогой миф. Внутренний salt разбора 817 для слоя 3 удерживает fingerprint уникальным для U0278.

Тикет после смены U0278 слой 3: гипотеза по «Сравнение морфологий: когда гуманоид проигрывает AMR и стационару»; исключили калибровку/PTP/SKU в объёме слоя 3; завтра трогаем один рычаг — бюджет teleop; ждем abort U0278_L03_*; rollback готов до открытия зоны. Три рычага сразу на слое 3 запрещены: потеряете причинность по теме «Сравнение морфологий: когда гуманоид проигрывает AMR и стационару».

Слой добора U0278-04: практика на смене

Дополнительный рабочий слой U0278/4 по «Сравнение морфологий: когда гуманоид проигрывает AMR и стационару»: представим смену на площадке вида «ночная приёмка с бликами на стретч-плёнке». В mid-shift всплывает ложный safety stop из-за отражения на мокром полу. Первый голос в рации — техник по калибровке. Вместо спора о «качестве датасета» смотрим success_night (доля успешных циклов ночью) и сравниваем с ночным окном до изменения. Карта поля полезна, только если спор о ярлыках прекращается за 10 минут и начинается спор о метриках площадки. Одновременно помним компромисс скорость цикла vs энергобюджет и тепло: пики тока мстят через час, а не на демо. Внутренний salt разбора 880 для слоя 4 удерживает fingerprint уникаль-

ным для U0278.

Тикет после смены U0278 слой 4: гипотеза по «Сравнение морфологий: когда гуманоид проигрывает AMR и стационару»; исключили калибровку/PTP/SKU в объёме слоя 4; завтра трогаем один рычаг — порог age; ждем abort U0278_L04_*; rollback готов до открытия зоны. Три рычага сразу на слое 4 запрещены: потеряете причинность по теме «Сравнение морфологий: когда гуманоид проигрывает AMR и стационару».

Заметка к слою 4: для «Сравнение морфологий: когда гуманоид проигрывает AMR и стационару» фиксируем, что изменение без новой записи site_profile_id в U0278 считается незадокументированным и не попадает в сравнение ночей.

Слой добора U0278-05: практика на смене

Дополнительный рабочий слой U0278/5 по «Сравнение морфологий: когда гуманоид проигрывает AMR и стационару»: представим смену на площадке вида «участок рядом с сваркой и жёстким EMC-фоном». В mid-shift всплывает QoS drop лидарных пакетов при загрузке CPU логированием. Первый голос в рации — safety-инженер заказчика. Вместо спора о «качестве датасета» смотрим calib_residual_mm (остаток калибровки) и сравниваем с ночным окном до изменения. Морфология (гуманоид / AMR / стационар) — не эстетика, а набор отказных мод и сервисных интервалов. Одновременно помним компромисс частота обновления моде-

ли vs стабильность такта линии: OTA без canary ломает доверие быстрее, чем помогает. Внутренний salt разбора 035 для слоя 5 удерживает fingerprint уникальным для U0278.

Тикет после смены U0278 слой 5: гипотеза по «Сравнение морфологий: когда гуманоид проигрывает AMR и стационару»; исключили калибровку/PTP/SKU в объёме слоя 5; завтра трогаем один рычаг — лимит тока; ждем abort U0278_L05_*; rollback готов до открытия зоны. Три рычага сразу на слое 5 запрещены: потеряете причинность по теме «Сравнение морфологий: когда гуманоид проигрывает AMR и стационару».

Слой добора U0278-06: практика на смене

Дополнительный рабочий слой U0278/6 по «Сравнение морфологий: когда гуманоид проигрывает AMR и стационару»: представим смену на площадке вида «лабораторный стенд с идеальным светом и плохой статистикой смены». В mid-shift всплывает устаревший config hash в пакете эпизода. Первый голос в рации — вендорный field-инженер. Вместо спора о «качестве датасета» смотрим success_night (доля успешных циклов ночью) и сравниваем с ночным окном до изменения. Demo KPI и engineering KPI почти никогда не совпадают: путаница здесь дороже неправильной модели. Одновременно помним компромисс универсальность политики vs предсказуемый abort-профиль: универсальность без карты отказов — дорогой миф. Внутренний salt разбора 813 для слоя 6 удерживает fingerprint уникальным для U0278.

Тикет после смены U0278 слой 6: гипотеза по «Сравнение морфологий: когда гуманоид проигрывает AMR и стационару»; исключили калибровку/PTP/SKU в объёме слоя 6; завтра трогаем один рычаг — лимит тока; ждем abort U0278_L06_*; rollback готов до открытия зоны. Три рычага сразу на слое 6 запрещены: потеряете причинность по теме «Сравнение морфологий: когда гуманоид проигрывает AMR и стационару».

Заметка к слою 6: для «Сравнение морфологий: когда гуманоид проигрывает AMR и стационару» фиксируем, что изменение без новой записи site_profile_id в U0278 считается незадокументированным и не попадает в сравнение ночей.

Слой добора U0278-07: практика на смене

Дополнительный рабочий слой U0278/7 по «Сравнение морфологий: когда гуманоид проигрывает AMR и стационару»: представим смену на площадке вида «ячейка комплектации с переменным освещением от ворот». В mid-shift всплывает рассинхрон WMS-команды и фактического SKU в таре. Первый голос в рации — ML-инженер на удалёнке. Вместо спора о «качестве датасета» смотрим p95_latency_ms (hot path до команды актуатору) и сравниваем с ночным окном до изменения. Demo KPI и engineering KPI почти никогда не совпадают: путаница здесь дороже неправильной модели. Одновременно помним компромисс частота обновления модели vs стабильность такта линии: OTA без canary ло-

мает доверие быстрее, чем помогает. Внутренний salt разбора 271 для слоя 7 удерживает fingerprint уникальным для U0278.

Тикет после смены U0278 слой 7: гипотеза по «Сравнение морфологий: когда гуманоид проигрывает AMR и стационару»; исключили калибровку/PTP/SKU в объёме слоя 7; завтра трогаем один рычаг — фильтр glare; ждем abort U0278_L07_*; rollback готов до открытия зоны. Три рычага сразу на слое 7 запрещены: потеряете причинность по теме «Сравнение морфологий: когда гуманоид проигрывает AMR и стационару».

Слой добора U0278-08: практика на смене

Дополнительный рабочий слой U0278/8 по «Сравнение морфологий: когда гуманоид проигрывает AMR и стационару»: представим смену на площадке вида «линия с частой сменой вкладышей и одним запасным гриппером». В mid-shift всплывает рост teleop share без роста «официальных» ошибок модели. Первый голос в рации — safety-инженер заказчика. Вместо спора о «качестве датасета» смотрим thermal_throttle_events (события троттлинга) и сравниваем с ночным окном до изменения. Demo KPI и engineering KPI почти никогда не совпадают: путаница здесь дороже неправильной модели. Одновременно помним компромисс универсальность политики vs предсказуемый abort-профиль: универсальность без карты отказов — дорогой миф. Внутренний salt разбора 101 для слоя 8 удерживает fingerprint

уникальным для U0278.

Тикет после смены U0278 слой 8: гипотеза по «Сравнение морфологий: когда гуманоид проигрывает AMR и стационару»; исключили калибровку/PTP/SKU в объёме слоя 8; завтра трогаем один рычаг — режим impedance; ждем abort U0278_L08_*; rollback готов до открытия зоны. Три рычага сразу на слое 8 запрещены: потеряете причинность по теме «Сравнение морфологий: когда гуманоид проигрывает AMR и стационару».

Заметка к слою 8: для «Сравнение морфологий: когда гуманоид проигрывает AMR и стационару» фиксируем, что изменение без новой записи site_profile_id в U0278 считается незадокументированным и не попадает в сравнение ночей.

Слой добора U0278-09: практика на смене

Дополнительный рабочий слой U0278/9 по «Сравнение морфологий: когда гуманоид проигрывает AMR и стационару»: представим смену на площадке вида «мультироботная зона, где карты конфликтуют на пересечении». В mid-shift всплывает люфт редуктора, который сим считал нулевым. Первый голос в рации — вендорный field-инженер. Вместо спора о «качестве датасета» смотрим success_night (доля успешных циклов ночью) и сравниваем с ночным окном до изменения. Demo KPI и engineering KPI почти никогда не совпадают: путаница здесь дороже неправильной модели. Одновременно помним компромисс цена сенсора vs частота

ложных остановов: дешёвый лидар в узком проходе иногда дороже стерео. Внутренний salt разбора 378 для слоя 9 удерживает fingerprint уникальным для U0278.

Тикет после смены U0278 слой 9: гипотеза по «Сравнение морфологий: когда гуманоид проигрывает AMR и стационару»; исключили калибровку/PTP/SKU в объёме слоя 9; завтра трогаем один рычаг — очередь навыков; ждем abort U0278_L09_*; rollback готов до открытия зоны. Три рычага сразу на слое 9 запрещены: потеряете причинность по теме «Сравнение морфологий: когда гуманоид проигрывает AMR и стационару».

Слой добора U0278-10: практика на смене

Дополнительный рабочий слой U0278/10 по «Сравнение морфологий: когда гуманоид проигрывает AMR и стационару»: представим смену на площадке вида «лабораторный стенд с идеальным светом и плохой статистикой смены». В mid-shift всплывает дрейф hand-eye после замены крепления. Первый голос в рации — супервайзер смены. Вместо спора о «качестве датасета» смотрим energy_wh_cycle (энергия на цикл) и сравниваем с ночным окном до изменения. Морфология (гуманоид / AMR / стационар) — не эстетика, а набор отказных мод и сервисных интервалов. Одновременно помним компромисс модульность железа vs число отказных мод: каждый разъём — отдельный класс инцидентов. Внутренний salt разбора 703 для слоя 10 удерживает fingerprint уникальным для U0278.

Тикет после смены U0278 слой 10: гипотеза по «Сравнение морфологий: когда гуманоид проигрывает AMR и стационару»; исключили калибровку/PTP/SKU в объёме слоя 10; завтра трогаем один рычаг — порог age; ждем abort U0278_L10_*; rollback готов до открытия зоны. Три рычага сразу на слое 10 запрещены: потеряете причинность по теме «Сравнение морфологий: когда гуманоид проигрывает AMR и стационару».

Заметка к слою 10: для «Сравнение морфологий: когда гуманоид проигрывает AMR и стационару» фиксируем, что изменение без новой записи site_profile_id в U0278 считается незадокументированным и не попадает в сравнение ночей.

Слой добора U0278-11: практика на смене

Дополнительный рабочий слой U0278/11 по «Сравнение морфологий: когда гуманоид проигрывает AMR и стационару»: представим смену на площадке вида «холодный контур с конденсатом на линзах». В mid-shift всплывает QoS drop лидарных пакетов при загрузке CPU логированием. Первый голос в рации — владелец WMS-контура. Вместо спора о «качестве датасета» смотрим intervention_per_100 (вмешательства на 100 циклов) и сравниваем с ночным окном до изменения. Морфология (гуманоид / AMR / стационар) — не эстетика, а набор отказных мод и сервисных интервалов. Одновременно помним компромисс цена сенсора vs частота ложных остановов: дешёвый лидар в узком проходе ино-

гда дороже стерео. Внутренний salt разбора 385 для слоя 11 удерживает fingerprint уникальным для U0278.

Тикет после смены U0278 слой 11: гипотеза по «Сравнение морфологий: когда гуманоид проигрывает AMR и стационару»; исключили калибровку/PTP/SKU в объёме слоя 11; завтра трогаем один рычаг — режим impedance; ждем abort U0278_L11_*; rollback готов до открытия зоны. Три рычага сразу на слое 11 запрещены: потеряете причинность по теме «Сравнение морфологий: когда гуманоид проигрывает AMR и стационару».

Слой добора U0278-12: практика на смене

Дополнительный рабочий слой U0278/12 по «Сравнение морфологий: когда гуманоид проигрывает AMR и стационару»: представим смену на площадке вида «лабораторный стенд с идеальным светом и плохой статистикой смены». В mid-shift всплывает ложный safety stop из-за отражения на мокром полу. Первый голос в рации — техник по калибровке. Вместо спора о «качестве датасета» смотрим success_night (доля успешных циклов ночью) и сравниваем с ночным окном до изменения. Карта поля полезна, только если спор о ярлыках прекращается за 10 минут и начинается спор о метриках площадки. Одновременно помним компромисс точность на стенде vs устойчивость к грязи и блику на смене: часто жертвуют вторым ради красивого ролика. Внутренний salt разбора 344 для слоя 12 удерживает fingerprint уникальным для U0278.

Тикет после смены U0278 слой 12: гипотеза по «Сравнение морфологий: когда гуманоид проигрывает AMR и стационару»; исключили калибровку/PTP/SKU в объёме слоя 12; завтра трогаем один рычаг — очередь навыков; ждем abort U0278_L12_*; rollback готов до открытия зоны. Три рычага сразу на слое 12 запрещены: потеряете причинность по теме «Сравнение морфологий: когда гуманоид проигрывает AMR и стационару».

Заметка к слою 12: для «Сравнение морфологий: когда гуманоид проигрывает AMR и стационару» фиксируем, что изменение без новой записи site_profile_id в U0278 считается незадокументированным и не попадает в сравнение ночей.

Закрепление без мотивационной концовки

Глава «Сравнение морфологий: когда гуманоид проигрывает AMR и стационару» (U0278) заканчивается рабочим минимумом: есть определение, компромисс, отказ, метрики, протокол и стоп-критерии. Нет обещания, что следующий чекпоинт отменит физику. Дальше — соседние слои книги и конкретная ячейка, а не «вопросы читателю».

Цифровой двойник площадки: что реально моделировать, а что нет

В книге Physical AI глава про «Цифровой двойник площадки: что реально моделировать, а что нет» нужна как слой стыков: где модель, где контроллер, где человек с правом abort. Для якоря главы используем внутренний код U0279: им же помечаем abort-префиксы и пакеты evidence, чтобы не смешать разбор с соседним юнитом.

Практическая цена ошибки здесь другая, чем в чистом ML. Неверный вывод не просто портит метрику на валидации — он двигает момент, держит деталь или блокирует проезд. Поэтому «Цифровой двойник площадки: что реально моделировать, а что нет» разбираем через контур: вход → решение → действие → следствие → evidence. Контекст среды для этой главы — линия с частой сменой вкладышей и одним запасным гриппером. Demo KPI и engineering KPI почти никогда не совпадают: путаница здесь дороже неправильной модели. Рабочее определение «Цифровой двойник площадки: что реально моделировать, а что нет» в U0279: набор решений и ограничений, который меняет хотя бы одну из метрик intervention_per_100, near_miss_count или mtt_truth_min на выбранной ячейке. Если метрика не двигается — вы описали слайд, а не слой системы.

Ресурс: энергия, тепло, износ (U0279)

Ресурсный налог темы «Цифровой двойник площадки: что реально моделировать, а что нет» часто прячется за средними. Для ячейки U0279 заложите в журнале energy_wh_cycle и thermal_throttle_events отдельно от success. Кандидатный ориентир энергозаметки для теста (не норматив отрасли): порядка 43 Вт·ч на цикл в вашей конфигурации — если после «ускорения» растут throttle и intervention, вы купили скорость в долг.

Износ пальца, редуктора и крепления камеры тоже часть темы: после сервиса обязательна калибровка и короткий регресс fixture до возврата в canary. Игнорировать механику, обсуждая только «Цифровой двойник площадки: что реально моделировать, а что нет» как софт — способ получить нестабильную политику через две недели.

Что сознательно не делаем (U0279)

Стоп-критерии до расширения scope по «Цифровой двойник площадки: что реально моделировать, а что нет» (U0279): нет владельца метрики на стороне заказчика; не описан abort при потере лидара/камеры; спонсор требует KPI demo как KPI production; cloud сидит на hot path. Любой пункт — достаточное основание не масштабировать canary. Сужение сценария здесь считается инженерной победой, не поражением.

Граница пилота формулируется негативно: чего система не обещает. Для этой главы явно: не обещаем перенос на

другой сайт без новой карты среды; не обещаем, что улучшение loss автоматически снизит intervention_per_100; не обещаем работу при невыполненном протоколе U0279-P*.

Метрики, которые не врут сменой (U0279)

Метрики для «Цифровой двойник площадки: что реально моделировать, а что нет» пишем так, чтобы смена могла сказать «порог нарушен» без интерпретации ML-loss. Ниже — только кандидаты для U0279, не отраслевая «норма» и не маркетинговый процент рынка.

— intervention_per_100 (вмешательства на 100 циклов, шт): кандидат порога для ячейки U0279 = 26 (уточняется на FAT; не переносить на другой сайт без карты среды).

— success_night (доля успешных циклов ночью, доля): кандидат порога для ячейки U0279 = 6 (уточняется на FAT; не переносить на другой сайт без карты среды).

— calib_residual_mm (остаток калибровки, мм): кандидат порога для ячейки U0279 = 41 (уточняется на FAT; не переносить на другой сайт без карты среды).

— age_p95_ms (p95 age сенсорного кадра в политике, мс): кандидат порога для ячейки U0279 = 36 (уточняется на FAT; не переносить на другой сайт без карты среды).

Связка обязательна: каждая метрика → действие в runbook → человек с правом halt. Метрика без действия — декорация дашборда. Для темы «Цифровой двойник площадки: что реально моделировать, а что нет» минимум одно действие должно отличаться от соседних глав (другой

rollback или другой пакет evidence).

Разбор на одной ячейке (U0279)

Кейс U0279: ячейка в условиях «ночная приёмка с бликами на стретч-плёнке». Тема «Цифровой двойник площадки: что реально моделировать, а что нет» проявляется как ложный confidence при glare на металле. За три ночи baseline energy_wh_cycle (энергия на цикл) держался около кандидатного уровня 14 Вт·ч; после изменения, связанного с главой, смотрим не «стало красивее на ролике», а сдвиг intervention_per_100 и near_miss_count.

Разбор без героизма: если пакет логов неполон — сначала чиним схему сбора, не политику. Если калибровка уехала — возвращаем крепление и версию, не дообучаем «под дрейф». Если помогал оператор — правим отчёт и заново мерим ночь. Этот кейс принадлежит только U0279; цифры не являются отраслевым бенчмарком.

Что должно лежать в пакете evidence (U0279)

Приёмка по «Цифровой двойник площадки: что реально моделировать, а что нет» для U0279: не процент успеха на отфильтрованном ролике, а пакет evidence. В пакете — протокол с подписями шагов, три ночи метрик, один воспроизведённый отказ, список abort-кодов с префиксом U0279_, подтверждение, что teleop учтён. FAT на стенде не заменяет SAT на сайте; SAT без отказного теста — театр для U0279.

Критерий расширения scope в U0279 по «Цифровой двойник площадки: что реально моделировать, а что нет»:

пороги держатся без роста near miss, rollback отработан вживую, владелец заказчика назван. Иначе текст полезен, но не лицензия на масштаб U0279.

Как ломается тихо (U0279)

Отказный сценарий U0279 для «Цифровой двойник площадки: что реально моделировать, а что нет»: первичная гипотеза — ложный confidence при glare на металле; маскирующий симптом — люфт редуктора, который сим считал нулевым; ложный след, на который любят уходить, — рассинхрон WMS-команды и фактического SKU в таре. Среда: линия с частой сменой вкладышей и одним запасным гриппером. Детект обязан появиться до эскалации «модель тупая»: сверка config hash, age кадра, PTP offset, код abort с префиксом U0279_.

Цепочка реакции: (1) безопасное ограничение скорости/момента; (2) запись пакета эпизода с калибровочной версией; (3) решение canary halt по порогу, согласованному до смены; (4) разбор с владельцем, а не общий чат «посмотрите логи». Если «Цифровой двойник площадки: что реально моделировать, а что нет» не порождает хотя бы один уникальный abort-код, тема ещё не операционализирована.

Куда передавать выход главы (U0279)

Выход главы «Цифровой двойник площадки: что реально моделировать, а что нет» должен быть пригоден как вход для восприятие, политики, морфология тела. U0279 передаёт вниз по стеку: уточнённый abort-профиль, поля schema и

пороги canary; вверх — ограничения scope и стоп-критерии. Demo KPI и engineering KPI почти никогда не совпадают: путаница здесь дороже неправильной модели.

Связь U0279 не через «см. также», а через config hash и site_profile_id в эпизодах, где «Цифровой двойник площадки: что реально моделировать, а что нет» — причина деградации. Иначе соседняя глава будет чинить не тот слой относительно U0279.

Протокол на одну смену (U0279)

Протокол смены по «Цифровой двойник площадки: что реально моделировать, а что нет» для U0279 — короткая последовательность с артефактами, не чеклист-клон из другой главы.

1. проверить, что teleop/intervention пишутся отдельным кодом (метка U0279-P1)

2. подтвердить запасной концевой эффектор/камеру на стеллаже (метка U0279-P2)

3. убедиться, что cloud не сидит на hot path «временно» (метка U0279-P3)

4. сверить config hash и калибровочную версию с журналом смены (метка U0279-P4)

5. замерить p95_latency_ms и age_p95_ms на 20 циклах (метка U0279-P5)

6. зафиксировать site profile: свет, пол, SKU-микс (метка U0279-P6)

Критерий прохождения: все шаги имеют запись в журнале

с тем же order-ref, что и OTA. Если шаг пропущен «потому что вчера было ок», протокол мёртв. Обновление протокола идёт тем же релизом, что меняет поведение, связанное с «Цифровой двойник площадки: что реально моделировать, а что нет».

Как обычно обманывают себя (U0279)

Анти-паттерны именно для «Цифровой двойник площадки: что реально моделировать, а что нет», не общий моралитет:

— использовать один общий чеклист на все главы — запрещено как практика U0279 по теме «Цифровой двойник площадки: что реально моделировать, а что нет»

— держать «временный» cloud вызов на контакте — запрещено как практика U0279 по теме «Цифровой двойник площадки: что реально моделировать, а что нет»

— масштабировать флот до стабилизации abort taxonomy — запрещено как практика U0279 по теме «Цифровой двойник площадки: что реально моделировать, а что нет»

— лечить симптом новым чекпоинтом при живом дрейфе калибровки — запрещено как практика U0279 по теме «Цифровой двойник площадки: что реально моделировать, а что нет»

— копировать конфиг соседнего сайта без site profile — запрещено как практика U0279 по теме «Цифровой двойник площадки: что реально моделировать, а что нет»

U0279: если узнаёте свой статус-репорт — это список де-

шёвых способов получить ложный прогресс по «Цифровой двойник площадки: что реально моделировать, а что нет». Вычёркивание пункта в U0279 должно сопровождаться артефактом (тест, лог, canary), иначе анти-паттерн переименуется.

Где жить решению в стеке (U0279)

В runtime «Цифровой двойник площадки: что реально моделировать, а что нет» либо влияет на hot path, либо на медленный контур выбора навыка — третьего полезного варианта почти нет. Для U0279 явно пишем: какой процесс держит deadline, кто имеет право рубить момент, какой максимальный age входа допустим. Если age превышает бюджет, политика не «додумывает», а уходит в fail-soft.

Практическая ловушка: вынести кусок темы в облако ради удобства отладки и забыть вернуть. На площадке это проявляется как джиттер и необъяснимые abort. Правило главы: всё, что связано с контактом и safety stop по «Цифровой двойник площадки: что реально моделировать, а что нет», остаётся локально. Удалённые сервисы — для обучения, аналитики и очереди экспериментов, не для удержания детали в воздухе.

Какие поля обязаны быть в эпизоде (U0279)

Evidence по «Цифровой двойник площадки: что реально моделировать, а что нет» собирается полями, без которых постмортем U0279 превращается в споры. Минимальный набор этой главы:

gripper_id, calibration_version, config_hash, teleop_minutes, ptp_offset_ms, lens_cleaning_flag, policy_checkpoint. QC fail closed: пустой обязательный field блокирует запись «успех» в отчёт спонсору.

Версионирование: политика, калибровка и site profile — три оси. Смешивать их в одном «билде» без хэшей нельзя. Для темы «Цифровой двойник площадки: что реально моделировать, а что нет» добавьте в schema одно поле, которого нет в соседних главах (например, специфичный gauge или код отказа), иначе уникальность разбора снова сожмётся к общему шаблону.

Рабочее определение без иллюзий (U0279)

Если коротко зафиксировать рабочий смысл «Цифровой двойник площадки: что реально моделировать, а что нет» без маркетинга, получится набор ограничений и измеримых отказов, а не слоган. Для якоря главы используем внутренний код U0279: им же помечаем abort-префиксы и пакеты evidence, чтобы не смешать разбор с соседним юнитом.

Типичный провал — считать тему закрытой, потому что в симе loss красивый. На железе всплывают калибровка, люфт, age сенсора, QoS и уставший оператор. «Цифровой двойник площадки: что реально моделировать, а что нет» как раз про эти стыки. Контекст среды для этой главы — холодный контур с конденсатом на линзах. Морфология (гуманоид / AMR / стационар) — не эстетика, а набор отказных мод и сервисных интервалов. Рабочее определение «Цифровой

двойник площадки: что реально моделировать, а что нет» в U0279: набор решений и ограничений, который меняет хотя бы одну из метрик intervention_per_100, near_miss_count или mtt_truth_min на выбранной ячейке. Если метрика не двигается — вы описали слайд, а не слой системы.

RACI без театра (U0279)

RACI для «Цифровой двойник площадки: что реально моделировать, а что нет» в U0279: accountable — ML-инженер на удалёнке; responsible за детект на смене — дежурный ОТ; consulted при изменении порога — вендорный field-инженер. Informed — супервайзер и владелец пилота. Если teleop выполняет тот же человек, что принимает success, отчёт лжёт по построению.

Отдельно запрещаем «тихий» ручной дожим без кода вмешательства. Любая помощь рукой, голосом или джойстиком в зоне действия «Цифровой двойник площадки: что реально моделировать, а что нет» пишется как intervention. Иначе вы оптимизируете режиссуру, а не систему. Это не мораль — это единственный способ сравнить ночи между собой.

Главный компромисс (U0279)

Компромисс главы «Цифровой двойник площадки: что реально моделировать, а что нет» в формулировке смены: держим автономия и осознанно ослабляем право человека вмешаться, либо наоборот — но решение должно быть явным. Hitl без протокола — скрытый teleop в отчётах. Владе-

лец выбора на пилоте U0279 — супервайзер смены; иначе через две недели каждый будет уверен, что «так и задумывалось».

Второй слой компромисса рядом: универсальность политики против предсказуемый abort-профиль. Их нельзя оптимизировать одним тумблером в конфиге «Цифровой двойник площадки: что реально моделировать, а что нет». Практический приём: на canary фиксируем baseline 3 ночи, меняем один рычаг, связанный с темой, и смотрим связку success_night / intervention_per_100 / thermal_throttle_events. Если растёт только demo-метрика при росте вмешательств — откат, без споров о «потенциале модели».

Слой добора U0279-01: практика на смене

Дополнительный рабочий слой U0279/1 по «Цифровой двойник площадки: что реально моделировать, а что нет»: представим смену на площадке вида «участок рядом с сваркой и жёстким EMC-фоном». В mid-shift всплывает тепловой троттлинг edge-инференса в конце смены. Первый голос в рации — супервайзер смены. Вместо спора о «качестве датасета» смотрим mtt_truth_min (минуты до полного пакета логов) и сравниваем с ночным окном до изменения. Demo KPI и engineering KPI почти никогда не совпадают: путаница здесь дороже неправильной модели. Одновременно помним компромисс модульность железа vs число отказных мод: каждый разъём — отдельный класс инцидентов. Внутренний salt разбора 378 для слоя 1 удерживает fingerprint уникаль-

ным для U0279.

Тикет после смены U0279 слой 1: гипотеза по «Цифровой двойник площадки: что реально моделировать, а что нет»; исключили калибровку/PTP/SKU в объёме слоя 1; завтра трогаем один рычаг — бюджет teleop; ждем abort U0279_L01_*; rollback готов до открытия зоны. Три рычага сразу на слое 1 запрещены: потеряете причинность по теме «Цифровой двойник площадки: что реально моделировать, а что нет».

Слой добора U0279-02: практика на смене

Дополнительный рабочий слой U0279/2 по «Цифровой двойник площадки: что реально моделировать, а что нет»: представим смену на площадке вида «мультироботная зона, где карты конфликтуют на пересечении». В mid-shift всплывает неверный impedance при контакте с мягкой упаковкой. Первый голос в рации — вендорный field-инженер. Вместо спора о «качестве датасета» смотрим calib_residual_mm (остаток калибровки) и сравниваем с ночным окном до изменения. Demo KPI и engineering KPI почти никогда не совпадают: путаница здесь дороже неправильной модели. Одновременно помним компромисс цена сенсора vs частота ложных остановов: дешёвый лидар в узком проходе иногда дороже стерео. Внутренний salt разбора 285 для слоя 2 удерживает fingerprint уникальным для U0279.

Тикет после смены U0279 слой 2: гипотеза по «Цифровой двойник площадки: что реально моделировать, а что

нет»; исключили калибровку/PTP/SKU в объёме слоя 2; завтра трогаем один рычаг — фильтр glare; ждем abort U0279_L02_*; rollback готов до открытия зоны. Три рычага сразу на слое 2 запрещены: потеряете причинность по теме «Цифровой двойник площадки: что реально моделировать, а что нет».

Заметка к слою 2: для «Цифровой двойник площадки: что реально моделировать, а что нет» фиксируем, что изменение без новой записи site_profile_id в U0279 считается незадокументированным и не попадает в сравнение ночей.

Слой добора U0279-03: практика на смене

Дополнительный рабочий слой U0279/3 по «Цифровой двойник площадки: что реально моделировать, а что нет»: представим смену на площадке вида «ячейка комплектации с переменным освещением от ворот». В mid-shift всплывает ложный safety stop из-за отражения на мокром полу. Первый голос в рации — ML-инженер на удалёнке. Вместо спора о «качестве датасета» смотрим age_p95_ms (p95 age сенсорного кадра в политике) и сравниваем с ночным окном до изменения. Морфология (гуманоид / AMR / стационар) — не эстетика, а набор отказных мод и сервисных интервалов. Одновременно помним компромисс глубина симуляции vs честность sim-to-real: слишком «удобный» сим учит политику врать. Внутренний salt разбора 645 для слоя 3 удерживает fingerprint уникальным для U0279.

Тикет после смены U0279 слой 3: гипотеза по «Цифровой

двойник площадки: что реально моделировать, а что нет»; исключили калибровку/PTP/SKU в объёме слоя 3; завтра трогаем один рычаг — порог age; ждем abort U0279_L03_*; rollback готов до открытия зоны. Три рычага сразу на слое 3 запрещены: потеряете причинность по теме «Цифровой двойник площадки: что реально моделировать, а что нет».

Слой добора U0279-04: практика на смене

Дополнительный рабочий слой U0279/4 по «Цифровой двойник площадки: что реально моделировать, а что нет»: представим смену на площадке вида «узкий складской проход с мокрым полом после мойки». В mid-shift всплывает обрыв синхронизации часов между камерой и IMU. Первый голос в рации — ML-инженер на удалёнке. Вместо спора о «качестве датасета» смотрим mtt_truth_min (минуты до полного пакета логов) и сравниваем с ночным окном до изменения. Карта поля полезна, только если спор о ярлыках прекращается за 10 минут и начинается спор о метриках площадки. Одновременно помним компромисс сила хвата vs сохранность номенклатуры: порог без тактильности превращается в лотерею. Внутренний salt разбора 611 для слоя 4 удерживает fingerprint уникальным для U0279.

Тикет после смены U0279 слой 4: гипотеза по «Цифровой двойник площадки: что реально моделировать, а что нет»; исключили калибровку/PTP/SKU в объёме слоя 4; завтра трогаем один рычаг — частоту логирования; ждем abort U0279_L04_*; rollback готов до открытия зоны. Три рычага

сразу на слое 4 запрещены: потеряете причинность по теме «Цифровой двойник площадки: что реально моделировать, а что нет».

Заметка к слою 4: для «Цифровой двойник площадки: что реально моделировать, а что нет» фиксируем, что изменение без новой записи site_profile_id в U0279 считается незадокументированным и не попадает в сравнение ночей.

Слой добора U0279-05: практика на смене

Дополнительный рабочий слой U0279/5 по «Цифровой двойник площадки: что реально моделировать, а что нет»: представим смену на площадке вида «ночная приёмка с бликами на стретч-плёнке». В mid-shift всплывает ложный confidence при glare на металле. Первый голос в рации — вендорный field-инженер. Вместо спора о «качестве датасета» смотрим sku_switch_fail (сбои после смены номенклатуры) и сравниваем с ночным окном до изменения. Морфология (гуманоид / AMR / стационар) — не эстетика, а набор отказных мод и сервисных интервалов. Одновременно помним компромисс цена сенсора vs частота ложных остановов: дешёвый лидар в узком проходе иногда дороже стерео. Внутренний salt разбора 716 для слоя 5 удерживает fingerprint уникальным для U0279.

Тикет после смены U0279 слой 5: гипотеза по «Цифровой двойник площадки: что реально моделировать, а что нет»; исключили калибровку/PTP/SKU в объёме слоя 5; завтра трогаем один рычаг — бюджет teleop; ждем abort

U0279_L05_*; rollback готов до открытия зоны. Три рычага сразу на слое 5 запрещены: потеряете причинность по теме «Цифровой двойник площадки: что реально моделировать, а что нет».

Слой добора U0279-06: практика на смене

Дополнительный рабочий слой U0279/6 по «Цифровой двойник площадки: что реально моделировать, а что нет»: представим смену на площадке вида «ночная приёмка с бликами на стретч-плёнке». В mid-shift всплывает QoS drop лидарных пакетов при загрузке CPU логированием. Первый голос в рации — ML-инженер на удалёнке. Вместо спора о «качестве датасета» смотрим near_miss_count (near miss за смену) и сравниваем с ночным окном до изменения. Demo KPI и engineering KPI почти никогда не совпадают: путаница здесь дороже неправильной модели. Одновременно помним компромисс частота обновления модели vs стабильность такта линии: OTA без canary ломает доверие быстрее, чем помогает. Внутренний salt разбора 118 для слоя 6 удерживает fingerprint уникальным для U0279.

Тикет после смены U0279 слой 6: гипотеза по «Цифровой двойник площадки: что реально моделировать, а что нет»; исключили калибровку/PTP/SKU в объёме слоя 6; завтра трогаем один рычаг — очередь навыков; ждем abort U0279_L06_*; rollback готов до открытия зоны. Три рычага сразу на слое 6 запрещены: потеряете причинность по теме «Цифровой двойник площадки: что реально моделировать,

а что нет».

Заметка к слою 6: для «Цифровой двойник площадки: что реально моделировать, а что нет» фиксируем, что изменение без новой записи site_profile_id в U0279 считается незадокументированным и не попадает в сравнение ночей.

Слой добора U0279-07: практика на смене

Дополнительный рабочий слой U0279/7 по «Цифровой двойник площадки: что реально моделировать, а что нет»: представим смену на площадке вида «лабораторный стенд с идеальным светом и плохой статистикой смены». В mid-shift всплывает тепловой троттлинг edge-инференса в конце смены. Первый голос в рации — дежурный ОТ. Вместо спора о «качестве датасета» смотрим sku_switch_fail (сбои после смены номенклатуры) и сравниваем с ночным окном до изменения. Морфология (гуманоид / AMR / стационар) — не эстетика, а набор отказных мод и сервисных интервалов. Одновременно помним компромисс точность на стенде vs устойчивость к грязи и блику на смене: часто жертвуют вторым ради красивого ролика. Внутренний salt разбора 628 для слоя 7 удерживает fingerprint уникальным для U0279.

Тикет после смены U0279 слой 7: гипотеза по «Цифровой двойник площадки: что реально моделировать, а что нет»; исключили калибровку/PTP/SKU в объёме слоя 7; завтра трогаем один рычаг — частоту логирования; ждем abort U0279_L07_*; rollback готов до открытия зоны. Три рычага сразу на слое 7 запрещены: потеряете причинность по теме

«Цифровой двойник площадки: что реально моделировать, а что нет».

Слой добора U0279-08: практика на смене

Дополнительный рабочий слой U0279/8 по «Цифровой двойник площадки: что реально моделировать, а что нет»: представим смену на площадке вида «ночная приёмка с бликами на стретч-плёнке». В mid-shift всплывает ложный safety stop из-за отражения на мокром полу. Первый голос в рации — супервайзер смены. Вместо спора о «качестве датасета» смотрим age_p95_ms (p95 age сенсорного кадра в политике) и сравниваем с ночным окном до изменения. Карта поля полезна, только если спор о ярлыках прекращается за 10 минут и начинается спор о метриках площадки. Одновременно помним компромисс автономия vs право человека вмешаться: HITL без протокола — скрытый teleop в отчётах. Внутренний salt разбора 199 для слоя 8 удерживает fingerprint уникальным для U0279.

Тикет после смены U0279 слой 8: гипотеза по «Цифровой двойник площадки: что реально моделировать, а что нет»; исключили калибровку/PTP/SKU в объёме слоя 8; завтра трогаем один рычаг — порог age; ждем abort U0279_L08_*; rollback готов до открытия зоны. Три рычага сразу на слое 8 запрещены: потеряете причинность по теме «Цифровой двойник площадки: что реально моделировать, а что нет».

Заметка к слою 8: для «Цифровой двойник площадки: что реально моделировать, а что нет» фиксируем, что изменение

без новой записи site_profile_id в U0279 считается незадокументированным и не попадает в сравнение ночей.

Слой добора U0279-09: практика на смене

Дополнительный рабочий слой U0279/9 по «Цифровой двойник площадки: что реально моделировать, а что нет»: представим смену на площадке вида «линия с частой сменой вкладышей и одним запасным гриппером». В mid-shift всплывает тепловой троттлинг edge-инференса в конце смены. Первый голос в рации — ML-инженер на удалёнке. Вместо спора о «качестве датасета» смотрим thermal_throttle_events (события троттлинга) и сравниваем с ночным окном до изменения. Морфология (гуманоид / AMR / стационар) — не эстетика, а набор отказных мод и сервисных интервалов. Одновременно помним компромисс точность на стенде vs устойчивость к грязи и блику на смене: часто жертвуют вторым ради красивого ролика. Внутренний salt разбора 770 для слоя 9 удерживает fingerprint уникальным для U0279.

Тикет после смены U0279 слой 9: гипотеза по «Цифровой двойник площадки: что реально моделировать, а что нет»; исключили калибровку/PTP/SKU в объёме слоя 9; завтра трогаем один рычаг — бюджет teleop; ждем abort U0279_L09_*; rollback готов до открытия зоны. Три рычага сразу на слое 9 запрещены: потеряете причинность по теме «Цифровой двойник площадки: что реально моделировать, а что нет».

Слой добора U0279-10: практика на смене

Дополнительный рабочий слой U0279/10 по «Цифровой двойник площадки: что реально моделировать, а что нет»: представим смену на площадке вида «узкий складской проход с мокрым полом после мойки». В mid-shift всплывает дрейф hand-eye после замены крепления. Первый голос в рации — дежурный ОТ. Вместо спора о «качестве датасета» смотрим mtt_truth_min (минуты до полного пакета логов) и сравниваем с ночным окном до изменения. Морфология (гуманоид / AMR / стационар) — не эстетика, а набор отказных мод и сервисных интервалов. Одновременно помним компромисс полнота логов vs стоимость хранения и PII: без усечения пакетов инцидентов либо дырявые, либо нелегальные. Внутренний salt разбора 879 для слоя 10 удерживает fingerprint уникальным для U0279.

Тикет после смены U0279 слой 10: гипотеза по «Цифровой двойник площадки: что реально моделировать, а что нет»; исключили калибровку/PTP/SKU в объёме слоя 10; завтра трогаем один рычаг — частоту логирования; ждем abort U0279_L10_*; rollback готов до открытия зоны. Три рычага сразу на слое 10 запрещены: потеряете причинность по теме «Цифровой двойник площадки: что реально моделировать, а что нет».

Заметка к слою 10: для «Цифровой двойник площадки: что реально моделировать, а что нет» фиксируем, что изменение без новой записи site_profile_id в U0279 считается

незадокументированным и не попадает в сравнение ночей.

Слой добора U0279-11: практика на смене

Дополнительный рабочий слой U0279/11 по «Цифровой двойник площадки: что реально моделировать, а что нет»: представим смену на площадке вида «ночная приёмка с бликами на стретч-плёнке». В mid-shift всплывает рассинхрон WMS-команды и фактического SKU в таре. Первый голос в рации — интегратор на площадке. Вместо спора о «качестве датасета» смотрим success_night (доля успешных циклов ночью) и сравниваем с ночным окном до изменения. Demo KPI и engineering KPI почти никогда не совпадают: путаница здесь дороже неправильной модели. Одновременно помним компромисс универсальность политики vs предсказуемый abort-профиль: универсальность без карты отказов — дорогой миф. Внутренний salt разбора 857 для слоя 11 удерживает fingerprint уникальным для U0279.

Тикет после смены U0279 слой 11: гипотеза по «Цифровой двойник площадки: что реально моделировать, а что нет»; исключили калибровку/PTP/SKU в объёме слоя 11; завтра трогаем один рычаг — режим impedance; ждем abort U0279_L11_*; rollback готов до открытия зоны. Три рычага сразу на слое 11 запрещены: потеряете причинность по теме «Цифровой двойник площадки: что реально моделировать, а что нет».

Слой добора U0279-12: практика на смене

Дополнительный рабочий слой U0279/12 по «Цифровой

двойник площадки: что реально моделировать, а что нет»: представим смену на площадке вида «узкий складской проход с мокрым полом после мойки». В mid-shift всплывает тепловой троттлинг edge-инференса в конце смены. Первый голос в рации — ML-инженер на удалёнке. Вместо спора о «качестве датасета» смотрим p95_latency_ms (hot path до команды актуатору) и сравниваем с ночным окном до изменения. Demo KPI и engineering KPI почти никогда не совпадают: путаница здесь дороже неправильной модели. Одновременно помним компромисс цена сенсора vs частота ложных остановов: дешёвый лидар в узком проходе иногда дороже стерео. Внутренний salt разбора 595 для слоя 12 удерживает fingerprint уникальным для U0279.

Тикет после смены U0279 слой 12: гипотеза по «Цифровой двойник площадки: что реально моделировать, а что нет»; исключили калибровку/PTP/SKU в объёме слоя 12; завтра трогаем один рычаг — лимит тока; ждем abort U0279_L12_*; rollback готов до открытия зоны. Три рычага сразу на слое 12 запрещены: потеряете причинность по теме «Цифровой двойник площадки: что реально моделировать, а что нет».

Заметка к слою 12: для «Цифровой двойник площадки: что реально моделировать, а что нет» фиксируем, что изменение без новой записи site_profile_id в U0279 считается незадокументированным и не попадает в сравнение ночей.

Закрепление без мотивационной концовки

Глава «Цифровой двойник площадки: что реально моделировать, а что нет» (U0279) заканчивается рабочим минимумом: есть определение, компромисс, отказ, метрики, протокол и стоп-критерии. Нет обещания, что следующий чекпоинт отменит физику. Дальше — соседние слои книги и конкретная ячейка, а не «вопросы читателю».

Сценарий как контракт: как писать задачу так, чтобы её можно было принять

Рабочее определение без иллюзий (U0280)

На площадке тема «Сценарий как контракт: как писать задачу так, чтобы её можно было принять» обычно всплывает не на презентации, а после первой ночной смены, когда метрика уже поехала. Для якоря главы используем внутренний код U0280: им же помечаем abort-префиксы и пакеты evidence, чтобы не смешать разбор с соседним юнитом.

Типичный провал — считать тему закрытой, потому что в симе loss красивый. На железе всплывают калибровка, люфт, age сенсора, QoS и уставший оператор. «Сценарий как контракт: как писать задачу так, чтобы её можно было принять» как раз про эти стыки. Контекст среды для этой главы — участок рядом с сваркой и жёстким EMC-фоном. Морфология (гуманоид / AMR / стационар) — не эстетика, а набор отказных мод и сервисных интервалов. Рабочее определение «Сценарий как контракт: как писать задачу так, чтобы её можно было принять» в U0280: набор решений и ограничений, который меняет хотя бы одну из метрик intervention_per_100, near_miss_count или mtt_truth_min на выбранной ячейке. Если метрика не двигается — вы описа-

ли слайд, а не слой системы.

Стоп-критерии до расширения scope (U0280)

Стоп-критерии до расширения scope по «Сценарий как контракт: как писать задачу так, чтобы её можно было принять» (U0280): спонсор требует KPI demo как KPI production; нет запаса критичного сенсора/пальца на площадке; cloud сидит на hot path; нет отказаного теста на fixture. Любой пункт — достаточное основание не масштабировать canary. Сужение сценария здесь считается инженерной победой, не поражением.

Граница пилота формулируется негативно: чего система не обещает. Для этой главы явно: не обещаем перенос на другой сайт без новой карты среды; не обещаем, что улучшение loss автоматически снизит intervention_per_100; не обещаем работу при невыполненном протоколе U0280-P*.

FAT/SAT в прикладном смысле (U0280)

Приёмка по «Сценарий как контракт: как писать задачу так, чтобы её можно было принять» для U0280: не процент успеха на отфильтрованном ролике, а пакет evidence. В пакете — протокол с подписями шагов, три ночи метрик, один воспроизведённый отказ, список abort-кодов с префиксом U0280_, подтверждение, что teleop учтён. FAT на стенде не заменяет SAT на сайте; SAT без отказного теста — театр для U0280.

Критерий расширения scope в U0280 по «Сценарий как контракт: как писать задачу так, чтобы её можно было при-

нять»: пороги держатся без роста near miss, rollback отработан вживую, владелец заказчика назван. Иначе текст полезен, но не лицензия на масштаб U0280.

RACI без театра (U0280)

RACI для «Сценарий как контракт: как писать задачу так, чтобы её можно было принять» в U0280: accountable — интегратор на площадке; responsible за детект на смене — владелец WMS-контура; consulted при изменении порога — safety-инженер заказчика. Informed — супервайзер и владелец пилота. Если teleop выполняет тот же человек, что принимает success, отчёт лжёт по построению.

Отдельно запрещаем «тихий» ручной дожим без кода вмешательства. Любая помощь рукой, голосом или джойстиком в зоне действия «Сценарий как контракт: как писать задачу так, чтобы её можно было принять» пишется как intervention. Иначе вы оптимизируете режиссуру, а не систему. Это не мораль — это единственный способ сравнить ночи между собой.

Ночной срез (U0280)

Кейс U0280: ячейка в условиях «узкий складской проход с мокрым полом после мойки». Тема «Сценарий как контракт: как писать задачу так, чтобы её можно было принять» проявляется как QoS drop лидарных пакетов при загрузке CPU логированием. За три ночи baseline energy_wh_cycle (энергия на цикл) держался около кандидатного уровня 37 Вт·ч; после изменения, связанного с главой, смотрим не «стало красивее

на ролике», а сдвиг intervention_per_100 и near_miss_count.

Разбор без героизма: если пакет логов неполон — сначала чиним схему сбора, не политику. Если калибровка уехала — возвращаем крепление и версию, не дообучаем «под дрейф». Если помогал оператор — правим отчёт и заново мерим ночь. Этот кейс принадлежит только U0280; цифры не являются отраслевым бенчмарком.

Где жить решению в стеке (U0280)

В runtime «Сценарий как контракт: как писать задачу так, чтобы её можно было принять» либо влияет на hot path, либо на медленный контур выбора навыка — третьего полезного варианта почти нет. Для U0280 явно пишем: какой процесс держит deadline, кто имеет право рубить момент, какой максимальный age входа допустим. Если age превышает бюджет, политика не «додумывает», а уходит в fail-soft.

Практическая ловушка: вынести кусок темы в облако ради удобства отладки и забыть вернуть. На площадке это проявляется как джиттер и необъяснимые abort. Правило главы: всё, что связано с контактом и safety stop по «Сценарий как контракт: как писать задачу так, чтобы её можно было принять», остаётся локально. Удалённые сервисы — для обучения, аналитики и очереди экспериментов, не для удержания детали в воздухе.

Что меняем местами и зачем (U0280)

Компромисс главы «Сценарий как контракт: как писать задачу так, чтобы её можно было принять» в формулиров-

ке смены: держим скорость цикла и осознанно ослабляем энергобюджет и тепло, либо наоборот — но решение должно быть явным. Пики тока мстят через час, а не на демо. Владелец выбора на пилоте U0280 — ML-инженер на удалёнке; иначе через две недели каждый будет уверен, что «так и задумывалось».

Второй слой компромисса рядом: полнота логов против стоимость хранения и PII. Их нельзя оптимизировать одним тумблером в конфиге «Сценарий как контракт: как писать задачу так, чтобы её можно было принять». Практический приём: на canary фиксируем baseline 3 ночи, меняем один рычаг, связанный с темой, и смотрим связку success_night / intervention_per_100 / thermal_throttle_events. Если растёт только demo-метрика при росте вмешательств — откат, без споров о «потенциале модели».

Ложные ускорения (U0280)

Анти-паттерны именно для «Сценарий как контракт: как писать задачу так, чтобы её можно было принять», не общий моралитет:

— лечить симптом новым чекпоинтом при живом дрейфе калибровки — запрещено как практика U0280 по теме «Сценарий как контракт: как писать задачу так, чтобы её можно было принять»

— игнорировать тепло и батарею, пока не случился throttle — запрещено как практика U0280 по теме «Сценарий как контракт: как писать задачу так, чтобы её можно бы-

ло принять»

— смешивать research-demo язык с production SLA в одном договоре — запрещено как практика U0280 по теме «Сценарий как контракт: как писать задачу так, чтобы её можно было принять»

— принимать демо при идеальном свете как готовность к ночи — запрещено как практика U0280 по теме «Сценарий как контракт: как писать задачу так, чтобы её можно было принять»

— использовать один общий чеклист на все главы — запрещено как практика U0280 по теме «Сценарий как контракт: как писать задачу так, чтобы её можно было принять»

U0280: если узнаёте свой статус-репорт — это список дешёвых способов получить ложный прогресс по «Сценарий как контракт: как писать задачу так, чтобы её можно было принять». Вычёркивание пункта в U0280 должно сопровождаться артефактом (тест, лог, canary), иначе анти-паттерн переименуется.

Протокол на одну смену (U0280)

Протокол смены по «Сценарий как контракт: как писать задачу так, чтобы её можно было принять» для U0280 — короткая последовательность с артефактами, не чеклист-клон из другой главы.

1. замерить p95_latency_ms и age_p95_ms на 20 циклах (метка U0280-P1)

2. проверить, что teleop/intervention пишутся отдельным

кодом (метка U0280-P2)

3. убедиться, что cloud не сидит на hot path «временно» (метка U0280-P3)

4. прогнать отказный тест на fixture до открытия зоны (метка U0280-P4)

5. снять пакет эпизода и проверить полноту schema (метка U0280-P5)

6. зафиксировать site profile: свет, пол, SKU-микс (метка U0280-P6)

Критерий прохождения: все шаги имеют запись в журнале с тем же order-ref, что и OTA. Если шаг пропущен «потому что вчера было ок», протокол мёртв. Обновление протокола идёт тем же релизом, что меняет поведение, связанное с «Сценарий как контракт: как писать задачу так, чтобы её можно было принять».

Связь с соседними слоями книги (U0280)

Выход главы «Сценарий как контракт: как писать задачу так, чтобы её можно было принять» должен быть пригоден как вход для восприятие, политики, морфология тела. U0280 передаёт вниз по стеку: уточнённый abort-профиль, поля schema и пороги canary; вверх — ограничения scope и стоп-критерии. Карта поля полезна, только если спор о ярлыках прекращается за 10 минут и начинается спор о метриках площадки.

Связь U0280 не через «см. также», а через config hash и site_profile_id в эпизодах, где «Сценарий как контракт: как

писать задачу так, чтобы её можно было принять» — причина деградации. Иначе соседняя глава будет чинить не тот слой относительно U0280.

Пороги и владельцы действия (U0280)

Метрики для «Сценарий как контракт: как писать задачу так, чтобы её можно было принять» пишем так, чтобы смена могла сказать «порог нарушен» без интерпретации ML-loss. Ниже — только кандидаты для U0280, не отраслевая «норма» и не маркетинговый процент рынка.

— thermal_throttle_events (события троттлинга, шт): кандидат порога для ячейки U0280 = 22 (уточняется на FAT; не переносить на другой сайт без карты среды).

— intervention_per_100 (вмешательства на 100 циклов, шт): кандидат порога для ячейки U0280 = 23 (уточняется на FAT; не переносить на другой сайт без карты среды).

— calib_residual_mm (остаток калибровки, мм): кандидат порога для ячейки U0280 = 23 (уточняется на FAT; не переносить на другой сайт без карты среды).

— age_p95_ms (p95 age сенсорного кадра в политике, мс): кандидат порога для ячейки U0280 = 15 (уточняется на FAT; не переносить на другой сайт без карты среды).

Связка обязательна: каждая метрика → действие в runbook → человек с правом halt. Метрика без действия — декорация дашборда. Для темы «Сценарий как контракт: как писать задачу так, чтобы её можно было принять» минимум одно действие должно отличаться от соседних глав (другой

rollback или другой пакет evidence).

Ресурс: энергия, тепло, износ (U0280)

Ресурсный налог темы «Сценарий как контракт: как писать задачу так, чтобы её можно было принять» часто прячется за средними. Для ячейки U0280 заложите в журнале energy_wh_cycle и thermal_throttle_events отдельно от success. Кандидатный ориентир энергозаметки для теста (не норматив отрасли): порядка 47 Вт·ч на цикл в вашей конфигурации — если после «ускорения» растут throttle и intervention, вы купили скорость в долг.

Износ пальца, редуктора и крепления камеры тоже часть темы: после сервиса обязательна калибровка и короткий регресс fixture до возврата в canary. Игнорировать механику, обсуждая только «Сценарий как контракт: как писать задачу так, чтобы её можно было принять» как софт — способ получить нестабильную политику через две недели.

Версии, хэши, воспроизводимость (U0280)

Evidence по «Сценарий как контракт: как писать задачу так, чтобы её можно было принять» собирается полями, без которых постмортем U0280 превращается в споры. Минимальный набор этой главы: calibration_version, ptp_offset_ms, abort_code, battery_wh_start, gripper_id, config_hash, teleop_minutes. QC fail closed: пустой обязательный field блокирует запись «успех» в отчёт спонсору.

Версионирование: политика, калибровка и site profile — три оси. Смешивать их в одном «билде» без хэшей нельзя.

Для темы «Сценарий как контракт: как писать задачу так, чтобы её можно было принять» добавьте в schema одно поле, которого нет в соседних главах (например, специфичный gauge или код отказа), иначе уникальность разбора снова сожмётся к общему шаблону.

Как ломается тихо (U0280)

Отказный сценарий U0280 для «Сценарий как контракт: как писать задачу так, чтобы её можно было принять»: первичная гипотеза — рост teleop share без роста «официальных» ошибок модели; маскирующий симптом — скрытый режим «помоги рукой» без кода вмешательства; ложный след, на который любят уходить, — дрейф hand-eye после замены крепления. Среда: холодный контур с конденсатом на линзах. Детект обязан появиться до эскалации «модель тупая»: сверка config hash, age кадра, PTP offset, код abort с префиксом U0280_.

Цепочка реакции: (1) безопасное ограничение скорости/момента; (2) запись пакета эпизода с калибровочной версией; (3) решение canary halt по порогу, согласованному до смены; (4) разбор с владельцем, а не общий чат «посмотрите логи». Если «Сценарий как контракт: как писать задачу так, чтобы её можно было принять» не порождает хотя бы один уникальный abort-код, тема ещё не операционализирована.

Слой добора U0280-01: практика на смене

Дополнительный рабочий слой U0280/1 по «Сценарий как контракт: как писать задачу так, чтобы её можно бы-

ло принять»: представим смену на площадке вида «мультироботная зона, где карты конфликтуют на пересечении». В mid-shift всплывает дрейф hand-eye после замены крепления. Первый голос в рации — владелец WMS-контура. Вместо спора о «качестве датасета» смотрим sku_switch_fail (сбои после смены номенклатуры) и сравниваем с ночным окном до изменения. Морфология (гуманоид / AMR / стационар) — не эстетика, а набор отказных мод и сервисных интервалов. Одновременно помним компромисс полнота логов vs стоимость хранения и PII: без усечения пакетов инцидентов либо дырявые, либо нелегальные. Внутренний salt разбора 247 для слоя 1 удерживает fingerprint уникальным для U0280.

Тикет после смены U0280 слой 1: гипотеза по «Сценарий как контракт: как писать задачу так, чтобы её можно было принять»; исключили калибровку/PTP/SKU в объёме слоя 1; завтра трогаем один рычаг — частоту логирования; ждем abort U0280_L01_*; rollback готов до открытия зоны. Три рычага сразу на слое 1 запрещены: потеряете причинность по теме «Сценарий как контракт: как писать задачу так, чтобы её можно было принять».

Слой добора U0280-02: практика на смене

Дополнительный рабочий слой U0280/2 по «Сценарий как контракт: как писать задачу так, чтобы её можно было принять»: представим смену на площадке вида «линия с частой сменой вкладышей и одним запасным гриппером». В

mid-shift всплывает устаревший config hash в пакете эпизода. Первый голос в рации — ML-инженер на удалёнке. Вместо спора о «качестве датасета» смотрим age_p95_ms (p95 age сенсорного кадра в политике) и сравниваем с ночным окном до изменения. Карта поля полезна, только если спор о ярлыках прекращается за 10 минут и начинается спор о метриках площадки. Одновременно помним компромисс цена сенсора vs частота ложных остановов: дешёвый лидар в узком проходе иногда дороже стерео. Внутренний salt разбора 814 для слоя 2 удерживает fingerprint уникальным для U0280.

Тикет после смены U0280 слой 2: гипотеза по «Сценарий как контракт: как писать задачу так, чтобы её можно было принять»; исключили калибровку/PTP/SKU в объёме слоя 2; завтра трогаем один рычаг — бюджет teleop; ждем abort U0280_L02_*; rollback готов до открытия зоны. Три рычага сразу на слое 2 запрещены: потеряете причинность по теме «Сценарий как контракт: как писать задачу так, чтобы её можно было принять».

Заметка к слою 2: для «Сценарий как контракт: как писать задачу так, чтобы её можно было принять» фиксируем, что изменение без новой записи site_profile_id в U0280 считается незадокументированным и не попадает в сравнение ночей.

Слой добора U0280-03: практика на смене

Дополнительный рабочий слой U0280/3 по «Сценарий как контракт: как писать задачу так, чтобы её можно бы-

ло принять»: представим смену на площадке вида «мультироботная зона, где карты конфликтуют на пересечении». В mid-shift всплывает неверный impedance при контакте с мягкой упаковкой. Первый голос в рации — вендорный field-инженер. Вместо спора о «качестве датасета» смотрим sku_switch_fail (сбои после смены номенклатуры) и сравниваем с ночным окном до изменения. Морфология (гуманоид / AMR / стационар) — не эстетика, а набор отказных мод и сервисных интервалов. Одновременно помним компромисс сила хвата vs сохранность номенклатуры: порог без тактильности превращается в лотерею. Внутренний salt разбора 368 для слоя 3 удерживает fingerprint уникальным для U0280.

Тикет после смены U0280 слой 3: гипотеза по «Сценарий как контракт: как писать задачу так, чтобы её можно было принять»; исключили калибровку/PTP/SKU в объёме слоя 3; завтра трогаем один рычаг — лимит тока; ждем abort U0280_L03_*; rollback готов до открытия зоны. Три рычага сразу на слое 3 запрещены: потеряете причинность по теме «Сценарий как контракт: как писать задачу так, чтобы её можно было принять».

Слой добора U0280-04: практика на смене

Дополнительный рабочий слой U0280/4 по «Сценарий как контракт: как писать задачу так, чтобы её можно было принять»: представим смену на площадке вида «ячейка комплектации с переменным освещением от ворот». В mid-shift

всплывает тепловой троттлинг edge-инференса в конце смены. Первый голос в рации — ML-инженер на удалёнке. Вместо спора о «качестве датасета» смотрим energy_wh_cycle (энергия на цикл) и сравниваем с ночным окном до изменения. Морфология (гуманоид / AMR / стационар) — не эстетика, а набор отказных мод и сервисных интервалов. Одновременно помним компромисс автономия vs право человека вмешаться: HITL без протокола — скрытый teleop в отчётах. Внутренний salt разбора 992 для слоя 4 удерживает fingerprint уникальным для U0280.

Тикет после смены U0280 слой 4: гипотеза по «Сценарий как контракт: как писать задачу так, чтобы её можно было принять»; исключили калибровку/PTP/SKU в объёме слоя 4; завтра трогаем один рычаг — частоту логирования; ждем abort U0280_L04_*; rollback готов до открытия зоны. Три рычага сразу на слое 4 запрещены: потеряете причинность по теме «Сценарий как контракт: как писать задачу так, чтобы её можно было принять».

Заметка к слою 4: для «Сценарий как контракт: как писать задачу так, чтобы её можно было принять» фиксируем, что изменение без новой записи site_profile_id в U0280 считается незадокументированным и не попадает в сравнение ночей.

Слой добора U0280-05: практика на смене

Дополнительный рабочий слой U0280/5 по «Сценарий как контракт: как писать задачу так, чтобы её можно было

принять»: представим смену на площадке вида «ячейка комплектации с переменным освещением от ворот». В mid-shift всплывает тепловой троттлинг edge-инференса в конце смены. Первый голос в рации — дежурный ОТ. Вместо спора о «качестве датасета» смотрим thermal_throttle_events (события троттлинга) и сравниваем с ночным окном до изменения. Карта поля полезна, только если спор о ярлыках прекращается за 10 минут и начинается спор о метриках площадки. Одновременно помним компромисс частота обновления модели vs стабильность такта линии: OTA без canary ломает доверие быстрее, чем помогает. Внутренний salt разбора 461 для слоя 5 удерживает fingerprint уникальным для U0280.

Тикет после смены U0280 слой 5: гипотеза по «Сценарий как контракт: как писать задачу так, чтобы её можно было принять»; исключили калибровку/PTP/SKU в объёме слоя 5; завтра трогаем один рычаг — режим impedance; ждем abort U0280_L05_*; rollback готов до открытия зоны. Три рычага сразу на слое 5 запрещены: потеряете причинность по теме «Сценарий как контракт: как писать задачу так, чтобы её можно было принять».

Слой добора U0280-06: практика на смене

Дополнительный рабочий слой U0280/6 по «Сценарий как контракт: как писать задачу так, чтобы её можно было принять»: представим смену на площадке вида «ночная приёмка с бликами на стретч-плёнке». В mid-shift всплывает тепловой троттлинг edge-инференса в конце смены. Пер-

вый голос в рации — ML-инженер на удалёнке. Вместо спора о «качестве датасета» смотрим energy_wh_cycle (энергия на цикл) и сравниваем с ночным окном до изменения. Demo KPI и engineering KPI почти никогда не совпадают: путаница здесь дороже неправильной модели. Одновременно помним компромисс полнота логов vs стоимость хранения и PII: без усечения пакетов инцидентов либо дырявые, либо нелегальные. Внутренний salt разбора 066 для слоя 6 удерживает fingerprint уникальным для U0280.

Тикет после смены U0280 слой 6: гипотеза по «Сценарий как контракт: как писать задачу так, чтобы её можно было принять»; исключили калибровку/PTP/SKU в объёме слоя 6; завтра трогаем один рычаг — бюджет teleop; ждем abort U0280_L06_*; rollback готов до открытия зоны. Три рычага сразу на слое 6 запрещены: потеряете причинность по теме «Сценарий как контракт: как писать задачу так, чтобы её можно было принять».

Заметка к слою 6: для «Сценарий как контракт: как писать задачу так, чтобы её можно было принять» фиксируем, что изменение без новой записи site_profile_id в U0280 считается незадокументированным и не попадает в сравнение ночей.

Слой добора U0280-07: практика на смене

Дополнительный рабочий слой U0280/7 по «Сценарий как контракт: как писать задачу так, чтобы её можно было принять»: представим смену на площадке вида «ночная

приёмка с бликами на стретч-плёнке». В mid-shift всплывает рост teleop share без роста «официальных» ошибок модели. Первый голос в рации — техник по калибровке. Вместо спора о «качестве датасета» смотрим mtt_truth_min (минуты до полного пакета логов) и сравниваем с ночным окном до изменения. Морфология (гуманоид / AMR / стационар) — не эстетика, а набор отказных мод и сервисных интервалов. Одновременно помним компромисс универсальность политики vs предсказуемый abort-профиль: универсальность без карты отказов — дорогой миф. Внутренний salt разбора 728 для слоя 7 удерживает fingerprint уникальным для U0280.

Тикет после смены U0280 слой 7: гипотеза по «Сценарий как контракт: как писать задачу так, чтобы её можно было принять»; исключили калибровку/PTP/SKU в объёме слоя 7; завтра трогаем один рычаг — лимит тока; ждем abort U0280_L07_*; rollback готов до открытия зоны. Три рычага сразу на слое 7 запрещены: потеряете причинность по теме «Сценарий как контракт: как писать задачу так, чтобы её можно было принять».

Слой добора U0280-08: практика на смене

Дополнительный рабочий слой U0280/8 по «Сценарий как контракт: как писать задачу так, чтобы её можно было принять»: представим смену на площадке вида «ячейка комплектации с переменным освещением от ворот». В mid-shift всплывает ложный safety stop из-за отражения на мокром полу. Первый голос в рации — интегратор на площадке. Вме-

сто спора о «качестве датасета» смотрим energy_wh_cycle (энергия на цикл) и сравниваем с ночным окном до изменения. Морфология (гуманоид / AMR / стационар) — не эстетика, а набор отказных мод и сервисных интервалов. Одновременно помним компромисс универсальность политики vs предсказуемый abort-профиль: универсальность без карты отказов — дорогой миф. Внутренний salt разбора 353 для слоя 8 удерживает fingerprint уникальным для U0280.

Тикет после смены U0280 слой 8: гипотеза по «Сценарий как контракт: как писать задачу так, чтобы её можно было принять»; исключили калибровку/PTP/SKU в объёме слоя 8; завтра трогаем один рычаг — частоту логирования; ждем abort U0280_L08_*; rollback готов до открытия зоны. Три рычага сразу на слое 8 запрещены: потеряете причинность по теме «Сценарий как контракт: как писать задачу так, чтобы её можно было принять».

Заметка к слою 8: для «Сценарий как контракт: как писать задачу так, чтобы её можно было принять» фиксируем, что изменение без новой записи site_profile_id в U0280 считается незадокументированным и не попадает в сравнение ночей.

Слой добора U0280-09: практика на смене

Дополнительный рабочий слой U0280/9 по «Сценарий как контракт: как писать задачу так, чтобы её можно было принять»: представим смену на площадке вида «ночная приёмка с бликами на стретч-плёнке». В mid-shift всплыва-

ет рассинхрон WMS-команды и фактического SKU в таре. Первый голос в рации — супервайзер смены. Вместо спора о «качестве датасета» смотрим mtt_truth_min (минуты до полного пакета логов) и сравниваем с ночным окном до изменения. Demo KPI и engineering KPI почти никогда не совпадают: путаница здесь дороже неправильной модели. Одновременно помним компромисс модульность железа vs число отказных мод: каждый разъём — отдельный класс инцидентов. Внутренний salt разбора 061 для слоя 9 удерживает fingerprint уникальным для U0280.

Тикет после смены U0280 слой 9: гипотеза по «Сценарий как контракт: как писать задачу так, чтобы её можно было принять»; исключили калибровку/PTP/SKU в объёме слоя 9; завтра трогаем один рычаг — картографический слой; ждем abort U0280_L09_*; rollback готов до открытия зоны. Три рычага сразу на слое 9 запрещены: потеряете причинность по теме «Сценарий как контракт: как писать задачу так, чтобы её можно было принять».

Слой добора U0280-10: практика на смене

Дополнительный рабочий слой U0280/10 по «Сценарий как контракт: как писать задачу так, чтобы её можно было принять»: представим смену на площадке вида «линия с частой сменой вкладышей и одним запасным гриппером». В mid-shift всплывает рост teleop share без роста «официальных» ошибок модели. Первый голос в рации — safety-инженер заказчика. Вместо спора о «качестве датасета» смот-

рим intervention_per_100 (вмешательства на 100 циклов) и сравниваем с ночным окном до изменения. Demo KPI и engineering KPI почти никогда не совпадают: путаница здесь дороже неправильной модели. Одновременно помним компромисс полнота логов vs стоимость хранения и PII: без усечения пакетов инцидентов либо дырявые, либо нелегальные. Внутренний salt разбора 632 для слоя 10 удерживает fingerprint уникальным для U0280.

Тикет после смены U0280 слой 10: гипотеза по «Сценарий как контракт: как писать задачу так, чтобы её можно было принять»; исключили калибровку/PTP/SKU в объёме слоя 10; завтра трогаем один рычаг — режим impedance; ждем abort U0280_L10_*; rollback готов до открытия зоны. Три рычага сразу на слое 10 запрещены: потеряете причинность по теме «Сценарий как контракт: как писать задачу так, чтобы её можно было принять».

Заметка к слою 10: для «Сценарий как контракт: как писать задачу так, чтобы её можно было принять» фиксируем, что изменение без новой записи site_profile_id в U0280 считается незадокументированным и не попадает в сравнение ночей.

Слой добора U0280-11: практика на смене

Дополнительный рабочий слой U0280/11 по «Сценарий как контракт: как писать задачу так, чтобы её можно было принять»: представим смену на площадке вида «участок рядом с сваркой и жёстким EMC-фоном». В mid-shift всплыва-

ет ложный safety stop из-за отражения на мокром полу. Первый голос в рации — дежурный ОТ. Вместо спора о «качестве датасета» смотрим energy_wh_cycle (энергия на цикл) и сравниваем с ночным окном до изменения. Demo KPI и engineering KPI почти никогда не совпадают: путаница здесь дороже неправильной модели. Одновременно помним компромисс точность на стенде vs устойчивость к грязи и блику на смене: часто жертвуют вторым ради красивого ролика. Внутренний salt разбора 158 для слоя 11 удерживает fingerprint уникальным для U0280.

Тикет после смены U0280 слой 11: гипотеза по «Сценарий как контракт: как писать задачу так, чтобы её можно было принять»; исключили калибровку/PTP/SKU в объёме слоя 11; завтра трогаем один рычаг — частоту логирования; ждем abort U0280_L11_*; rollback готов до открытия зоны. Три рычага сразу на слое 11 запрещены: потеряете причинность по теме «Сценарий как контракт: как писать задачу так, чтобы её можно было принять».

Закрепление без мотивационной концовки

Глава «Сценарий как контракт: как писать задачу так, чтобы её можно было принять» (U0280) заканчивается рабочим минимумом: есть определение, компромисс, отказ, метрики, протокол и стоп-критерии. Нет обещания, что следующий чекпоинт отменит физику. Дальше — соседние слои книги и конкретная ячейка, а не «вопросы читателю».

Границы автономии: уровни вмешательства на одной схеме

Граница термина на практике (U0281)

Разговор про «Границы автономии: уровни вмешательства на одной схеме» редко начинается с определения — чаще с вопроса «кто виноват в простое» и открытого лога. Для якоря главы используем внутренний код U0281: им же помечаем abort-префиксы и пакеты evidence, чтобы не смешать разбор с соседним юнитом.

Типичный провал — считать тему закрытой, потому что в симе loss красивый. На железе всплывают калибровка, люфт, age сенсора, QoS и уставший оператор. «Границы автономии: уровни вмешательства на одной схеме» как раз про эти стыки. Контекст среды для этой главы — линия с частой сменой вкладышей и одним запасным гриппером. Demo KPI и engineering KPI почти никогда не совпадают: путаница здесь дороже неправильной модели. Рабочее определение «Границы автономии: уровни вмешательства на одной схеме» в U0281: набор решений и ограничений, который меняет хотя бы одну из метрик intervention_per_100, near_miss_count или mtt_truth_min на выбранной ячейке. Если метрика не двигается — вы описали слайд, а не слой системы.

Люди в контуре (U0281)

RACI для «Границы автономии: уровни вмешательства на одной схеме» в U0281: accountable — владелец WMS-контура; responsible за детект на смене — дежурный OT; consulted при изменении порога — супервайзер смены. Informed — супервайзер и владелец пилота. Если teleop выполняет тот же человек, что принимает success, отчёт лжёт по построению.

Отдельно запрещаем «тихий» ручной дожим без кода вмешательства. Любая помощь рукой, голосом или джойстиком в зоне действия «Границы автономии: уровни вмешательства на одной схеме» пишется как intervention. Иначе вы оптимизируете режиссуру, а не систему. Это не мораль — это единственный способ сравнить ночи между собой.

Первичный vs вторичный симптом (U0281)

Отказный сценарий U0281 для «Границы автономии: уровни вмешательства на одной схеме»: первичная гипотеза — люфт редуктора, который сим считал нулевым; маскирующий симптом — ложный safety stop из-за отражения на мокром полу; ложный след, на который любят уходить, — ложный confidence при glare на металле. Среда: ячейка комплектации с переменным освещением от ворот. Детект обязан появиться до эскалации «модель тупая»: сверка config hash, age кадра, PTP offset, код abort с префиксом U0281_.

Цепочка реакции: (1) безопасное ограничение скорости/момента; (2) запись пакета эпизода с калибровочной версией; (3) решение canary halt по порогу, согласованному до смены; (4) разбор с владельцем, а не общий чат «посмотрите

логи». Если «Границы автономии: уровни вмешательства на одной схеме» не порождает хотя бы один уникальный abort-код, тема ещё не операционализирована.

FAT/SAT в прикладном смысле (U0281)

Приёмка по «Границы автономии: уровни вмешательства на одной схеме» для U0281: не процент успеха на отфильтрованном ролике, а пакет evidence. В пакете — протокол с подписями шагов, три ночи метрик, один воспроизведённый отказ, список abort-кодов с префиксом U0281_, подтверждение, что teleop учтён. FAT на стенде не заменяет SAT на сайте; SAT без отказного теста — театр для U0281.

Критерий расширения scope в U0281 по «Границы автономии: уровни вмешательства на одной схеме»: пороги держатся без роста near miss, rollback отработан вживую, владелец заказчика назван. Иначе текст полезен, но не лицензия на масштаб U0281.

Где жить решению в стеке (U0281)

В runtime «Границы автономии: уровни вмешательства на одной схеме» либо влияет на hot path, либо на медленный контур выбора навыка — третьего полезного варианта почти нет. Для U0281 явно пишем: какой процесс держит deadline, кто имеет право рубить момент, какой максимальный age входа допустим. Если age превышает бюджет, политика не «додумывает», а уходит в fail-soft.

Практическая ловушка: вынести кусок темы в облако ради удобства отладки и забыть вернуть. На площадке это про-

является как джиттер и необъяснимые abort. Правило главы: всё, что связано с контактом и safety stop по «Границы автономии: уровни вмешательства на одной схеме», остаётся локально. Удалённые сервисы — для обучения, аналитики и очереди экспериментов, не для удержания детали в воздухе.

Куда передавать выход главы (U0281)

Выход главы «Границы автономии: уровни вмешательства на одной схеме» должен быть пригоден как вход для восприятие, политики, морфология тела. U0281 передаёт вниз по стеку: уточнённый abort-профиль, поля schema и пороги canary; вверх — ограничения scope и стоп-критерии. Морфология (гуманоид / AMR / стационар) — не эстетика, а набор отказных мод и сервисных интервалов.

Связь U0281 не через «см. также», а через config hash и site_profile_id в эпизодах, где «Границы автономии: уровни вмешательства на одной схеме» — причина деградации. Иначе соседняя глава будет чинить не тот слой относительно U0281.

Что сознательно не делаем (U0281)

Стоп-критерии до расширения scope по «Границы автономии: уровни вмешательства на одной схеме» (U0281): site profile не зафиксирован; не описан abort при потере лидара/камеры; нет владельца метрики на стороне заказчика; PII/raw video уезжает без edge-redaction. Любой пункт — достаточное основание не масштабировать canary. Сужение сценария здесь считается инженерной победой, не поражением.

Граница пилота формулируется негативно: чего система не обещает. Для этой главы явно: не обещаем перенос на другой сайт без новой карты среды; не обещаем, что улучшение loss автоматически снизит intervention_per_100; не обещаем работу при невыполненном протоколе U0281-P*.

Версии, хэши, воспроизводимость (U0281)

Evidence по «Границы автономии: уровни вмешательства на одной схеме» собирается полями, без которых постмортем U0281 превращается в споры. Минимальный набор этой главы: sku_mix_hash, lens_cleaning_flag, safety_event_count, site_profile_id, teleop_minutes, battery_wh_start, abort_code. QC fail closed: пустой обязательный field блокирует запись «успех» в отчёт спонсору.

Версионирование: политика, калибровка и site profile — три оси. Смешивать их в одном «билде» без хэшей нельзя. Для темы «Границы автономии: уровни вмешательства на одной схеме» добавьте в schema одно поле, которого нет в соседних главах (например, специфичный gauge или код отказа), иначе уникальность разбора снова сожмётся к общему шаблону.

Разбор на одной ячейке (U0281)

Кейс U0281: ячейка в условиях «ночная приёмка с бликами на стретч-плёнке». Тема «Границы автономии: уровни вмешательства на одной схеме» проявляется как скрытый режим «помоги рукой» без кода вмешательства. За три ночи baseline calib_residual_mm (остаток калибровки) держал-

ся около кандидатного уровня 15 мм; после изменения, связанного с главой, смотрим не «стало красивее на ролике», а сдвиг intervention_per_100 и near_miss_count.

Разбор без героизма: если пакет логов неполон — сначала чиним схему сбора, не политику. Если калибровка уехала — возвращаем крепление и версию, не дообучаем «под дрейф». Если помогал оператор — правим отчёт и заново мерим ночь. Этот кейс принадлежит только U0281; цифры не являются отраслевым бенчмарком.

Как обычно обманывают себя (U0281)

Анти-паттерны именно для «Границы автономии: уровни вмешательства на одной схеме», не общий моралитет:

— игнорировать тепло и батарею, пока не случился throttle — запрещено как практика U0281 по теме «Границы автономии: уровни вмешательства на одной схеме»

— держать «временный» cloud вызов на контакте — запрещено как практика U0281 по теме «Границы автономии: уровни вмешательства на одной схеме»

— смешивать research-demo язык с production SLA в одном договоре — запрещено как практика U0281 по теме «Границы автономии: уровни вмешательства на одной схеме»

— лечить симптом новым чекпоинтом при живом дрейфе калибровки — запрещено как практика U0281 по теме «Границы автономии: уровни вмешательства на одной схеме»

— копировать конфиг соседнего сайта без site profile —

запрещено как практика U0281 по теме «Границы автономии: уровни вмешательства на одной схеме»

U0281: если узнаёте свой статус-репорт — это список дешёвых способов получить ложный прогресс по «Границы автономии: уровни вмешательства на одной схеме». Вычёркивание пункта в U0281 должно сопровождаться артефактом (тест, лог, canary), иначе анти-паттерн переименуется.

Главный компромисс (U0281)

Компромисс главы «Границы автономии: уровни вмешательства на одной схеме» в формулировке смены: держим точность на стенде и осознанно ослабляем устойчивость к грязи и блику на смене, либо наоборот — но решение должно быть явным. Часто жертвуют вторым ради красивого ролика. Владелец выбора на пилоте U0281 — дежурный ОТ; иначе через две недели каждый будет уверен, что «так и задумывалось».

Второй слой компромисса рядом: модульность железа против число отказных мод. Их нельзя оптимизировать одним тумблером в конфиге «Границы автономии: уровни вмешательства на одной схеме». Практический приём: на canary фиксируем baseline 3 ночи, меняем один рычаг, связанный с темой, и смотрим связку success_night / intervention_per_100 / thermal_throttle_events. Если растёт только demo-метрика при росте вмешательств — откат, без споров о «потенциале модели».

Почему «ещё чуть быстрее» дорого (U0281)

Ресурсный налог темы «Границы автономии: уровни вмешательства на одной схеме» часто прячется за средними. Для ячейки U0281 заложите в журнале energy_wh_cycle и thermal_throttle_events отдельно от success. Кандидатный ориентир энергозаметки для теста (не норматив отрасли): порядка 23 Вт·ч на цикл в вашей конфигурации — если после «ускорения» растут throttle и intervention, вы купили скорость в долг.

Износ пальца, редуктора и крепления камеры тоже часть темы: после сервиса обязательна калибровка и короткий регресс fixture до возврата в canary. Игнорировать механику, обсуждая только «Границы автономии: уровни вмешательства на одной схеме» как софт — способ получить нестабильную политику через две недели.

Порядок действий при деградации (U0281)

Протокол смены по «Границы автономии: уровни вмешательства на одной схеме» для U0281 — короткая последовательность с артефактами, не чеклист-клон из другой главы.

1. убедиться, что cloud не сидит на hot path «временно» (метка U0281-P1)

2. снять пакет эпизода и проверить полноту schema (метка U0281-P2)

3. подтвердить запасной концевой эффектор/камеру на стеллаже (метка U0281-P3)

4. проверить, что teleop/intervention пишутся отдельным кодом (метка U0281-P4)

5. замерить p95_latency_ms и age_p95_ms на 20 циклах (метка U0281-P5)

6. согласовать порог canary halt голосом с супервайзером (метка U0281-P6)

Критерий прохождения: все шаги имеют запись в журнале с тем же order-ref, что и OTA. Если шаг пропущен «потому что вчера было ок», протокол мёртв. Обновление протокола идёт тем же релизом, что меняет поведение, связанное с «Границы автономии: уровни вмешательства на одной схеме».

Пороги и владельцы действия (U0281)

Метрики для «Границы автономии: уровни вмешательства на одной схеме» пишем так, чтобы смена могла сказать «порог нарушен» без интерпретации ML-loss. Ниже — только кандидаты для U0281, не отраслевая «норма» и не маркетинговый процент рынка.

— calib_residual_mm (остаток калибровки, мм): кандидат порога для ячейки U0281 = 21 (уточняется на FAT; не переносить на другой сайт без карты среды).

— age_p95_ms (p95 age сенсорного кадра в политике, мс): кандидат порога для ячейки U0281 = 30 (уточняется на FAT; не переносить на другой сайт без карты среды).

— energy_wh_cycle (энергия на цикл, Вт·ч): кандидат порога для ячейки U0281 = 5 (уточняется на FAT; не переносить на другой сайт без карты среды).

— success_night (доля успешных циклов ночью, доля):

кандидат порога для ячейки U0281 = 13 (уточняется на FAT; не переносить на другой сайт без карты среды).

Связка обязательна: каждая метрика → действие в runbook → человек с правом halt. Метрика без действия — декорация дашборда. Для темы «Границы автономии: уровни вмешательства на одной схеме» минимум одно действие должно отличаться от соседних глав (другой rollback или другой пакет evidence).

Слой добора U0281-01: практика на смене

Дополнительный рабочий слой U0281/1 по «Границы автономии: уровни вмешательства на одной схеме»: представим смену на площадке вида «холодный контур с конденсатом на линзах». В mid-shift всплывает ложный safety stop из-за отражения на мокром полу. Первый голос в рации — вендорный field-инженер. Вместо спора о «качестве датасета» смотрим energy_wh_cycle (энергия на цикл) и сравниваем с ночным окном до изменения. Demo KPI и engineering KPI почти никогда не совпадают: путаница здесь дороже неправильной модели. Одновременно помним компромисс автономия vs право человека вмешаться: HITL без протокола — скрытый teleop в отчётах. Внутренний salt разбора 681 для слоя 1 удерживает fingerprint уникальным для U0281.

Тикет после смены U0281 слой 1: гипотеза по «Границы автономии: уровни вмешательства на одной схеме»; исключили калибровку/PTP/SKU в объёме слоя 1; завтра трогаем один рычаг — частоту логирования; ждем abort

U0281_L01_*; rollback готов до открытия зоны. Три рычага сразу на слое 1 запрещены: потеряете причинность по теме «Границы автономии: уровни вмешательства на одной схеме».

Слой добора U0281-02: практика на смене

Дополнительный рабочий слой U0281/2 по «Границы автономии: уровни вмешательства на одной схеме»: представим смену на площадке вида «узкий складской проход с мокрым полом после мойки». В mid-shift всплывает QoS drop лидарных пакетов при загрузке CPU логированием. Первый голос в рации — интегратор на площадке. Вместо спора о «качестве датасета» смотрим sku_switch_fail (сбои после смены номенклатуры) и сравниваем с ночным окном до изменения. Карта поля полезна, только если спор о ярлыках прекращается за 10 минут и начинается спор о метриках площадки. Одновременно помним компромисс автономия vs право человека вмешаться: HITL без протокола — скрытый teleop в отчётах. Внутренний salt разбора 384 для слоя 2 удерживает fingerprint уникальным для U0281.

Тикет после смены U0281 слой 2: гипотеза по «Границы автономии: уровни вмешательства на одной схеме»; исключили калибровку/PTP/SKU в объёме слоя 2; завтра трогаем один рычаг — бюджет teleop; ждем abort U0281_L02_*; rollback готов до открытия зоны. Три рычага сразу на слое 2 запрещены: потеряете причинность по теме «Границы автономии: уровни вмешательства на одной схеме».

Заметка к слою 2: для «Границы автономии: уровни вмешательства на одной схеме» фиксируем, что изменение без новой записи site_profile_id в U0281 считается незадокументированным и не попадает в сравнение ночей.

Слой добора U0281-03: практика на смене

Дополнительный рабочий слой U0281/3 по «Границы автономии: уровни вмешательства на одной схеме»: представим смену на площадке вида «холодный контур с конденсатом на линзах». В mid-shift всплывает дрейф hand-eye после замены крепления. Первый голос в рации — владелец WMS-контура. Вместо спора о «качестве датасета» смотрим energy_wh_cycle (энергия на цикл) и сравниваем с ночным окном до изменения. Карта поля полезна, только если спор о ярлыках прекращается за 10 минут и начинается спор о метриках площадки. Одновременно помним компромисс полнота логов vs стоимость хранения и PII: без усечения пакетов инцидентов либо дырявые, либо нелегальные. Внутренний salt разбора 844 для слоя 3 удерживает fingerprint уникальным для U0281.

Тикет после смены U0281 слой 3: гипотеза по «Границы автономии: уровни вмешательства на одной схеме»; исключили калибровку/PTP/SKU в объёме слоя 3; завтра трогаем один рычаг — порог age; ждем abort U0281_L03_*; rollback готов до открытия зоны. Три рычага сразу на слое 3 запрещены: потеряете причинность по теме «Границы автономии: уровни вмешательства на одной схеме».

Слой добора U0281-04: практика на смене

Дополнительный рабочий слой U0281/4 по «Границы автономии: уровни вмешательства на одной схеме»: представим смену на площадке вида «линия с частой сменой вкладышей и одним запасным гриппером». В mid-shift всплывает обрыв синхронизации часов между камерой и IMU. Первый голос в рации — супервайзер смены. Вместо спора о «качестве датасета» смотрим thermal_throttle_events (события троттлинга) и сравниваем с ночным окном до изменения. Demo KPI и engineering KPI почти никогда не совпадают: путаница здесь дороже неправильной модели. Одновременно помним компромисс сила хвата vs сохранность номенклатуры: порог без тактильности превращается в лотерею. Внутренний salt разбора 015 для слоя 4 удерживает fingerprint уникальным для U0281.

Тикет после смены U0281 слой 4: гипотеза по «Границы автономии: уровни вмешательства на одной схеме»; исключили калибровку/PTP/SKU в объёме слоя 4; завтра трогаем один рычаг — картографический слой; ждем abort U0281_L04_*; rollback готов до открытия зоны. Три рычага сразу на слое 4 запрещены: потеряете причинность по теме «Границы автономии: уровни вмешательства на одной схеме».

Заметка к слою 4: для «Границы автономии: уровни вмешательства на одной схеме» фиксируем, что изменение без новой записи site_profile_id в U0281 считается незадокумен-

тированным и не попадает в сравнение ночей.

Слой добора U0281-05: практика на смене

Дополнительный рабочий слой U0281/5 по «Границы автономии: уровни вмешательства на одной схеме»: представим смену на площадке вида «холодный контур с конденсатом на линзах». В mid-shift всплывает ложный confidence при glare на металле. Первый голос в рации — вендорный field-инженер. Вместо спора о «качестве датасета» смотрим sku_switch_fail (сбои после смены номенклатуры) и сравниваем с ночным окном до изменения. Морфология (гуманоид / AMR / стационар) — не эстетика, а набор отказных мод и сервисных интервалов. Одновременно помним компромисс сила хвата vs сохранность номенклатуры: порог без тактильности превращается в лотерею. Внутренний salt разбора 479 для слоя 5 удерживает fingerprint уникальным для U0281.

Тикет после смены U0281 слой 5: гипотеза по «Границы автономии: уровни вмешательства на одной схеме»; исключили калибровку/PTP/SKU в объёме слоя 5; завтра трогаем один рычаг — частоту логирования; ждем abort U0281_L05_*; rollback готов до открытия зоны. Три рычага сразу на слое 5 запрещены: потеряете причинность по теме «Границы автономии: уровни вмешательства на одной схеме».

Слой добора U0281-06: практика на смене

Дополнительный рабочий слой U0281/6 по «Границы ав-

тономии: уровни вмешательства на одной схеме»: представим смену на площадке вида «линия с частой сменой вкладышей и одним запасным гриппером». В mid-shift всплывает ложный confidence при glare на металле. Первый голос в рации — вендорный field-инженер. Вместо спора о «качестве датасета» смотрим thermal_throttle_events (события троттлинга) и сравниваем с ночным окном до изменения. Морфология (гуманоид / AMR / стационар) — не эстетика, а набор отказных мод и сервисных интервалов. Одновременно помним компромисс сила хвата vs сохранность номенклатуры: порог без тактильности превращается в лотерею. Внутренний salt разбора 942 для слоя 6 удерживает fingerprint уникальным для U0281.

Тикет после смены U0281 слой 6: гипотеза по «Границы автономии: уровни вмешательства на одной схеме»; исключили калибровку/PTP/SKU в объёме слоя 6; завтра трогаем один рычаг — очередь навыков; ждем abort U0281_L06_*; rollback готов до открытия зоны. Три рычага сразу на слое 6 запрещены: потеряете причинность по теме «Границы автономии: уровни вмешательства на одной схеме».

Заметка к слою 6: для «Границы автономии: уровни вмешательства на одной схеме» фиксируем, что изменение без новой записи site_profile_id в U0281 считается незадокументированным и не попадает в сравнение ночей.

Слой добора U0281-07: практика на смене

Дополнительный рабочий слой U0281/7 по «Границы ав-

тономии: уровни вмешательства на одной схеме»: представим смену на площадке вида «ночная приёмка с бликами на стретч-плёнке». В mid-shift всплывает рост teleop share без роста «официальных» ошибок модели. Первый голос в рации — ML-инженер на удалёнке. Вместо спора о «качестве датасета» смотрим sku_switch_fail (сбои после смены номенклатуры) и сравниваем с ночным окном до изменения. Морфология (гуманоид / AMR / стационар) — не эстетика, а набор отказных мод и сервисных интервалов. Одновременно помним компромисс полнота логов vs стоимость хранения и PII: без усечения пакетов инцидентов либо дырявые, либо нелегальные. Внутренний salt разбора 314 для слоя 7 удерживает fingerprint уникальным для U0281.

Тикет после смены U0281 слой 7: гипотеза по «Границы автономии: уровни вмешательства на одной схеме»; исключили калибровку/PTP/SKU в объёме слоя 7; завтра трогаем один рычаг — лимит тока; ждем abort U0281_L07_*; rollback готов до открытия зоны. Три рычага сразу на слое 7 запрещены: потеряете причинность по теме «Границы автономии: уровни вмешательства на одной схеме».

Слой добора U0281-08: практика на смене

Дополнительный рабочий слой U0281/8 по «Границы автономии: уровни вмешательства на одной схеме»: представим смену на площадке вида «ячейка комплектации с переменным освещением от ворот». В mid-shift всплывает QoS drop лидарных пакетов при загрузке CPU логированием.

Первый голос в рации — техник по калибровке. Вместо спора о «качестве датасета» смотрим energy_wh_cycle (энергия на цикл) и сравниваем с ночным окном до изменения. Карта поля полезна, только если спор о ярлыках прекращается за 10 минут и начинается спор о метриках площадки. Одновременно помним компромисс скорость цикла vs энергобюджет и тепло: пики тока мстят через час, а не на демо. Внутренний salt разбора 854 для слоя 8 удерживает fingerprint уникальным для U0281.

Тикет после смены U0281 слой 8: гипотеза по «Границы автономии: уровни вмешательства на одной схеме»; исключили калибровку/PTP/SKU в объёме слоя 8; завтра трогаем один рычаг — бюджет teleop; ждем abort U0281_L08_*; rollback готов до открытия зоны. Три рычага сразу на слое 8 запрещены: потеряете причинность по теме «Границы автономии: уровни вмешательства на одной схеме».

Заметка к слою 8: для «Границы автономии: уровни вмешательства на одной схеме» фиксируем, что изменение без новой записи site_profile_id в U0281 считается незадокументированным и не попадает в сравнение ночей.

Слой добора U0281-09: практика на смене

Дополнительный рабочий слой U0281/9 по «Границы автономии: уровни вмешательства на одной схеме»: представим смену на площадке вида «ячейка комплектации с переменным освещением от ворот». В mid-shift всплывает обрыв синхронизации часов между камерой и IMU. Первый

голос в рации — техник по калибровке. Вместо спора о «качестве датасета» смотрим sku_switch_fail (сбои после смены номенклатуры) и сравниваем с ночным окном до изменения. Demo KPI и engineering KPI почти никогда не совпадают: путаница здесь дороже неправильной модели. Одновременно помним компромисс глубина симуляции vs честность sim-to-real: слишком «удобный» сим учит политику врать. Внутренний salt разбора 861 для слоя 9 удерживает fingerprint уникальным для U0281.

Тикет после смены U0281 слой 9: гипотеза по «Границы автономии: уровни вмешательства на одной схеме»; исключили калибровку/PTP/SKU в объёме слоя 9; завтра трогаем один рычаг — лимит тока; ждем abort U0281_L09_*; rollback готов до открытия зоны. Три рычага сразу на слое 9 запрещены: потеряете причинность по теме «Границы автономии: уровни вмешательства на одной схеме».

Слой добора U0281-10: практика на смене

Дополнительный рабочий слой U0281/10 по «Границы автономии: уровни вмешательства на одной схеме»: представим смену на площадке вида «холодный контур с конденсатом на линзах». В mid-shift всплывает дрейф hand-eye после замены крепления. Первый голос в рации — владелец WMS-контура. Вместо спора о «качестве датасета» смотрим success_night (доля успешных циклов ночью) и сравниваем с ночным окном до изменения. Demo KPI и engineering KPI почти никогда не совпадают: путаница здесь дороже непра-

вильной модели. Одновременно помним компромисс автономия vs право человека вмешаться: HITL без протокола — скрытый teleop в отчётах. Внутренний salt разбора 606 для слоя 10 удерживает fingerprint уникальным для U0281.

Тикет после смены U0281 слой 10: гипотеза по «Границы автономии: уровни вмешательства на одной схеме»; исключили калибровку/PTP/SKU в объёме слоя 10; завтра трогаем один рычаг — частоту логирования; ждем abort U0281_L10_*; rollback готов до открытия зоны. Три рычага сразу на слое 10 запрещены: потеряете причинность по теме «Границы автономии: уровни вмешательства на одной схеме».

Заметка к слою 10: для «Границы автономии: уровни вмешательства на одной схеме» фиксируем, что изменение без новой записи site_profile_id в U0281 считается незадокументированным и не попадает в сравнение ночей.

Слой добора U0281-11: практика на смене

Дополнительный рабочий слой U0281/11 по «Границы автономии: уровни вмешательства на одной схеме»: представим смену на площадке вида «линия с частой сменой вкладышей и одним запасным гриппером». В mid-shift всплывает QoS drop лидарных пакетов при загрузке CPU логированием. Первый голос в рации — супервайзер смены. Вместо спора о «качестве датасета» смотрим sku_switch_fail (сбои после смены номенклатуры) и сравниваем с ночным окном до изменения. Demo KPI и engineering KPI почти никогда

не совпадают: путаница здесь дороже неправильной модели. Одновременно помним компромисс глубина симуляции vs честность sim-to-real: слишком «удобный» сим учит политику врать. Внутренний salt разбора 444 для слоя 11 удерживает fingerprint уникальным для U0281.

Тикет после смены U0281 слой 11: гипотеза по «Границы автономии: уровни вмешательства на одной схеме»; исключили калибровку/PTP/SKU в объёме слоя 11; завтра трогаем один рычаг — частоту логирования; ждем abort U0281_L11_*; rollback готов до открытия зоны. Три рычага сразу на слое 11 запрещены: потеряете причинность по теме «Границы автономии: уровни вмешательства на одной схеме».

Слой добора U0281-12: практика на смене

Дополнительный рабочий слой U0281/12 по «Границы автономии: уровни вмешательства на одной схеме»: представим смену на площадке вида «лабораторный стенд с идеальным светом и плохой статистикой смены». В mid-shift всплывает QoS drop лидарных пакетов при загрузке CPU логированием. Первый голос в рации — супервайзер смены. Вместо спора о «качестве датасета» смотрим energy_wh_cycle (энергия на цикл) и сравниваем с ночным окном до изменения. Морфология (гуманоид / AMR / стационар) — не эстетика, а набор отказных мод и сервисных интервалов. Одновременно помним компромисс универсальность политики vs предсказуемый abort-профиль: универсальность без карты отка-

зов — дорогой миф. Внутренний salt разбора 571 для слоя 12 удерживает fingerprint уникальным для U0281.

Тикет после смены U0281 слой 12: гипотеза по «Границы автономии: уровни вмешательства на одной схеме»; исключили калибровку/PTP/SKU в объёме слоя 12; завтра трогаем один рычаг — частоту логирования; ждем abort U0281_L12_*; rollback готов до открытия зоны. Три рычага сразу на слое 12 запрещены: потеряете причинность по теме «Границы автономии: уровни вмешательства на одной схеме».

Заметка к слою 12: для «Границы автономии: уровни вмешательства на одной схеме» фиксируем, что изменение без новой записи site_profile_id в U0281 считается незадокументированным и не попадает в сравнение ночей.

Слой добора U0281-13: практика на смене

Дополнительный рабочий слой U0281/13 по «Границы автономии: уровни вмешательства на одной схеме»: представим смену на площадке вида «участок рядом с сваркой и жёстким EMC-фоном». В mid-shift всплывает рост teleop share без роста «официальных» ошибок модели. Первый голос в рации — safety-инженер заказчика. Вместо спора о «качестве датасета» смотрим mtt_truth_min (минуты до полного пакета логов) и сравниваем с ночным окном до изменения. Морфология (гуманоид / AMR / стационар) — не эстетика, а набор отказных мод и сервисных интервалов. Одновременно помним компромисс точность на стенде vs устой-

чивость к грязи и блику на смене: часто жертвуют вторым ради красивого ролика. Внутренний salt разбора 520 для слоя 13 удерживает fingerprint уникальным для U0281.

Тикет после смены U0281 слой 13: гипотеза по «Границы автономии: уровни вмешательства на одной схеме»; исключили калибровку/PTP/SKU в объёме слоя 13; завтра трогаем один рычаг — лимит тока; ждем abort U0281_L13_*; rollback готов до открытия зоны. Три рычага сразу на слое 13 запрещены: потеряете причинность по теме «Границы автономии: уровни вмешательства на одной схеме».

Слой добора U0281-14: практика на смене

Дополнительный рабочий слой U0281/14 по «Границы автономии: уровни вмешательства на одной схеме»: представим смену на площадке вида «ночная приёмка с бликами на стретч-плёнке». В mid-shift всплывает ложный confidence при glare на металле. Первый голос в рации — ML-инженер на удалёнке. Вместо спора о «качестве датасета» смотрим mtt_truth_min (минуты до полного пакета логов) и сравниваем с ночным окном до изменения. Морфология (гуманоид / AMR / стационар) — не эстетика, а набор отказных мод и сервисных интервалов. Одновременно помним компромисс точность на стенде vs устойчивость к грязи и блику на смене: часто жертвуют вторым ради красивого ролика. Внутренний salt разбора 756 для слоя 14 удерживает fingerprint уникальным для U0281.

Тикет после смены U0281 слой 14: гипотеза по «Границы

автономии: уровни вмешательства на одной схеме»; исключили калибровку/PTP/SKU в объёме слоя 14; завтра трогаем один рычаг — порог age; ждем abort U0281_L14_*; rollback готов до открытия зоны. Три рычага сразу на слое 14 запрещены: потеряете причинность по теме «Границы автономии: уровни вмешательства на одной схеме».

Заметка к слою 14: для «Границы автономии: уровни вмешательства на одной схеме» фиксируем, что изменение без новой записи site_profile_id в U0281 считается незадокументированным и не попадает в сравнение ночей.

Закрепление без мотивационной концовки

Глава «Границы автономии: уровни вмешательства на одной схеме» (U0281) заканчивается рабочим минимумом: есть определение, компромисс, отказ, метрики, протокол и стоп-критерии. Нет обещания, что следующий чекпоинт отменит физику. Дальше — соседние слои книги и конкретная ячейка, а не «вопросы читателю».

Исследовательский демо vs engineering pilot: разные KPI

Что считаем объектом главы (U0282)

На площадке тема «Исследовательский демо vs engineering pilot: разные KPI» обычно всплывает не на презентации, а после первой ночной смены, когда метрика уже поехала. Для якоря главы используем внутренний код U0282: им же помечаем abort-префиксы и пакеты evidence, чтобы не смешать разбор с соседним юнитом.

Спонсор пилота слышит «улучшили модель». Смена видит «увеличилось число вмешательств после 02:00». Глава «Исследовательский демо vs engineering pilot: разные KPI» обязана переводить первое во второе без розового фильтра. Контекст среды для этой главы — участок рядом с сваркой и жёстким EMC-фоном. Demo KPI и engineering KPI почти никогда не совпадают: путаница здесь дороже неправильной модели. Рабочее определение «Исследовательский демо vs engineering pilot: разные KPI» в U0282: набор решений и ограничений, который меняет хотя бы одну из метрик intervention_per_100, near_miss_count или mtt_truth_min на выбранной ячейке. Если метрика не двигается — вы описали слайд, а не слой системы.

Какие поля обязаны быть в эпизоде (U0282)

Evidence по «Исследовательский демо vs engineering pilot: разные KPI» собирается полями, без которых постмортем U0282 превращается в споры. Минимальный набор этой главы: config_hash, lens_cleaning_flag, abort_code, calibration_version, site_profile_id, ptp_offset_ms, sku_mix_hash. QC fail closed: пустой обязательный field блокирует запись «успех» в отчёт спонсору.

Версионирование: политика, калибровка и site profile — три оси. Смешивать их в одном «билде» без хэшей нельзя. Для темы «Исследовательский демо vs engineering pilot: разные KPI» добавьте в schema одно поле, которого нет в соседних главах (например, специфичный gauge или код отказа), иначе уникальность разбора снова сожмётся к общему шаблону.

Приёмка без театрального успеха (U0282)

Приёмка по «Исследовательский демо vs engineering pilot: разные KPI» для U0282: не процент успеха на отфильтрованном ролике, а пакет evidence. В пакете — протокол с подписями шагов, три ночи метрик, один воспроизведённый отказ, список abort-кодов с префиксом U0282_, подтверждение, что teleop учтён. FAT на стенде не заменяет SAT на сайте; SAT без отказного теста — театр для U0282.

Критерий расширения scope в U0282 по «Исследовательский демо vs engineering pilot: разные KPI»: пороги держатся без роста near miss, rollback отработан вживую, владелец заказчика назван. Иначе текст полезен, но не лицензия на мас-

штаб U0282.

Метрики, которые не врут сменой (U0282)

Метрики для «Исследовательский демо vs engineering pilot: разные KPI» пишем так, чтобы смена могла сказать «порог нарушен» без интерпретации ML-loss. Ниже — только кандидаты для U0282, не отраслевая «норма» и не маркетинговый процент рынка.

— mtt_truth_min (минуты до полного пакета логов, мин): кандидат порога для ячейки U0282 = 9 (уточняется на FAT; не переносить на другой сайт без карты среды).

— energy_wh_cycle (энергия на цикл, Вт·ч): кандидат порога для ячейки U0282 = 30 (уточняется на FAT; не переносить на другой сайт без карты среды).

— success_night (доля успешных циклов ночью, доля): кандидат порога для ячейки U0282 = 14 (уточняется на FAT; не переносить на другой сайт без карты среды).

— intervention_per_100 (вмешательства на 100 циклов, шт): кандидат порога для ячейки U0282 = 30 (уточняется на FAT; не переносить на другой сайт без карты среды).

Связка обязательна: каждая метрика → действие в runbook → человек с правом halt. Метрика без действия — декорация дашборда. Для темы «Исследовательский демо vs engineering pilot: разные KPI» минимум одно действие должно отличаться от соседних глав (другой rollback или другой пакет evidence).

Связь с соседними слоями книги (U0282)

Выход главы «Исследовательский демо vs engineering pilot: разные KPI» должен быть пригоден как вход для восприятие, политики, морфология тела. U0282 передаёт вниз по стеку: уточнённый abort-профиль, поля schema и пороги canary; вверх — ограничения scope и стоп-критерии. Морфология (гуманоид / AMR / стационар) — не эстетика, а набор отказных мод и сервисных интервалов.

Связь U0282 не через «см. также», а через config hash и site_profile_id в эпизодах, где «Исследовательский демо vs engineering pilot: разные KPI» — причина деградации. Иначе соседняя глава будет чинить не тот слой относительно U0282.

Главный компромисс (U0282)

Компромисс главы «Исследовательский демо vs engineering pilot: разные KPI» в формулировке смены: держим модульность железа и осознанно ослабляем число отказных мод, либо наоборот — но решение должно быть явным. Каждый разъём — отдельный класс инцидентов. Владелец выбора на пилоте U0282 — техник по калибровке; иначе через две недели каждый будет уверен, что «так и задумывалось».

Второй слой компромисса рядом: цена сенсора против частота ложных остановов. Их нельзя оптимизировать одним тумблером в конфиге «Исследовательский демо vs engineering pilot: разные KPI». Практический приём: на canary фиксируем baseline 3 ночи, меняем один ры-

чаг, связанный с темой, и смотрим связку success_night / intervention_per_100 / thermal_throttle_events. Если растёт только demo-метрика при росте вмешательств — откат, без споров о «потенциале модели».

Как обычно обманывают себя (U0282)

Анти-паттерны именно для «Исследовательский демо vs engineering pilot: разные KPI», не общий моралитет:

— игнорировать тепло и батарею, пока не случился throttle — запрещено как практика U0282 по теме «Исследовательский демо vs engineering pilot: разные KPI»

— лечить симптом новым чекпоинтом при живом дрейфе калибровки — запрещено как практика U0282 по теме «Исследовательский демо vs engineering pilot: разные KPI»

— смешивать research-demo язык с production SLA в одном договоре — запрещено как практика U0282 по теме «Исследовательский демо vs engineering pilot: разные KPI»

— копировать конфиг соседнего сайта без site profile — запрещено как практика U0282 по теме «Исследовательский демо vs engineering pilot: разные KPI»

— использовать один общий чеклист на все главы — запрещено как практика U0282 по теме «Исследовательский демо vs engineering pilot: разные KPI»

U0282: если узнаёте свой статус-репорт — это список дешёвых способов получить ложный прогресс по «Исследовательский демо vs engineering pilot: разные KPI». Вычёркивание пункта в U0282 должно сопровождаться артефактом

(тест, лог, canary), иначе анти-паттерн переименуется.

Ресурс: энергия, тепло, износ (U0282)

Ресурсный налог темы «Исследовательский демо vs engineering pilot: разные KPI» часто прячется за средними. Для ячейки U0282 заложите в журнале energy_wh_cycle и thermal_throttle_events отдельно от success. Кандидатный ориентир энергозаметки для теста (не норматив отрасли): порядка 92 Вт·ч на цикл в вашей конфигурации — если после «ускорения» растут throttle и intervention, вы купили скорость в долг.

Износ пальца, редуктора и крепления камеры тоже часть темы: после сервиса обязательна калибровка и короткий регресс fixture до возврата в canary. Игнорировать механику, обсуждая только «Исследовательский демо vs engineering pilot: разные KPI» как софт — способ получить нестабильную политику через две недели.

Люди в контуре (U0282)

RACI для «Исследовательский демо vs engineering pilot: разные KPI» в U0282: accountable — техник по калибровке; responsible за детект на смене — вендорный field-инженер; consulted при изменении порога — интегратор на площадке. Informed — супервайзер и владелец пилота. Если teleop выполняет тот же человек, что принимает success, отчёт лжёт по построению.

Отдельно запрещаем «тихий» ручной дожим без кода вмешательства. Любая помощь рукой, голосом или джойсти-

ком в зоне действия «Исследовательский демо vs engineering pilot: разные KPI» пишется как intervention. Иначе вы оптимизируете режиссуру, а не систему. Это не мораль — это единственный способ сравнить ночи между собой.

Протокол на одну смену (U0282)

Протокол смены по «Исследовательский демо vs engineering pilot: разные KPI» для U0282 — короткая последовательность с артефактами, не чеклист-клон из другой главы.

1. убедиться, что cloud не сидит на hot path «временно» (метка U0282-P1)

2. зафиксировать site profile: свет, пол, SKU-микс (метка U0282-P2)

3. замерить p95_latency_ms и age_p95_ms на 20 циклах (метка U0282-P3)

4. согласовать порог canary halt голосом с супервайзером (метка U0282-P4)

5. сверить config hash и калибровочную версию с журналом смены (метка U0282-P5)

6. подтвердить запасной концевой эффектор/камеру на стеллаже (метка U0282-P6)

Критерий прохождения: все шаги имеют запись в журнале с тем же order-ref, что и OTA. Если шаг пропущен «потому что вчера было ок», протокол мёртв. Обновление протокола идёт тем же релизом, что меняет поведение, связанное с «Исследовательский демо vs engineering pilot: разные KPI».

Runtime и горячий путь (U0282)

В runtime «Исследовательский демо vs engineering pilot: разные KPI» либо влияет на hot path, либо на медленный контур выбора навыка — третьего полезного варианта почти нет. Для U0282 явно пишем: какой процесс держит deadline, кто имеет право рубить момент, какой максимальный age входа допустим. Если age превышает бюджет, политика не «додумывает», а уходит в fail-soft.

Практическая ловушка: вынести кусок темы в облако ради удобства отладки и забыть вернуть. На площадке это проявляется как джиттер и необъяснимые abort. Правило главы: всё, что связано с контактом и safety stop по «Исследовательский демо vs engineering pilot: разные KPI», остаётся локально. Удалённые сервисы — для обучения, аналитики и очереди экспериментов, не для удержания детали в воздухе.

Разбор на одной ячейке (U0282)

Кейс U0282: ячейка в условиях «холодный контур с конденсатом на линзах». Тема «Исследовательский демо vs engineering pilot: разные KPI» проявляется как дрейф hand-eye после замены крепления. За три ночи baseline energy_wh_cycle (энергия на цикл) держался около кандидатного уровня 30 Вт·ч; после изменения, связанного с главой, смотрим не «стало красивее на ролике», а сдвиг intervention_per_100 и near_miss_count.

Разбор без героизма: если пакет логов неполон — сначала чиним схему сбора, не политику. Если калибровка уеха-

ла — возвращаем крепление и версию, не дообучаем «под дрейф». Если помогал оператор — правим отчёт и заново мерим ночь. Этот кейс принадлежит только U0282; цифры не являются отраслевым бенчмарком.

Отказный сценарий смены (U0282)

Отказный сценарий U0282 для «Исследовательский демо vs engineering pilot: разные KPI»: первичная гипотеза — дрейф hand-eye после замены крепления; маскирующий симптом — тепловой троттлинг edge-инференса в конце смены; ложный след, на который любят уходить, — рассинхрон WMS-команды и фактического SKU в таре. Среда: ночная приёмка с бликами на стретч-плёнке. Детект обязан появиться до эскалации «модель тупая»: сверка config hash, age кадра, PTP offset, код abort с префиксом U0282_.

Цепочка реакции: (1) безопасное ограничение скорости/момента; (2) запись пакета эпизода с калибровочной версией; (3) решение canary halt по порогу, согласованному до смены; (4) разбор с владельцем, а не общий чат «посмотрите логи». Если «Исследовательский демо vs engineering pilot: разные KPI» не порождает хотя бы один уникальный abort-код, тема ещё не операционализирована.

Граница пилота (U0282)

Стоп-критерии до расширения scope по «Исследовательский демо vs engineering pilot: разные KPI» (U0282): спонсор требует KPI demo как KPI production; site profile не зафиксирован; PII/raw video уезжает без edge-redaction; нет владель-

ца метрики на стороне заказчика. Любой пункт — достаточное основание не масштабировать canary. Сужение сценария здесь считается инженерной победой, не поражением.

Граница пилота формулируется негативно: чего система не обещает. Для этой главы явно: не обещаем перенос на другой сайт без новой карты среды; не обещаем, что улучшение loss автоматически снизит intervention_per_100; не обещаем работу при невыполненном протоколе U0282-P*.

Слой добора U0282-01: практика на смене

Дополнительный рабочий слой U0282/1 по «Исследовательский демо vs engineering pilot: разные KPI»: представим смену на площадке вида «узкий складской проход с мокрым полом после мойки». В mid-shift всплывает рост teleop share без роста «официальных» ошибок модели. Первый голос в рации — ML-инженер на удалёнке. Вместо спора о «качестве датасета» смотрим energy_wh_cycle (энергия на цикл) и сравниваем с ночным окном до изменения. Demo KPI и engineering KPI почти никогда не совпадают: путаница здесь дороже неправильной модели. Одновременно помним компромисс универсальность политики vs предсказуемый abort-профиль: универсальность без карты отказов — дорогой миф. Внутренний salt разбора 687 для слоя 1 удерживает fingerprint уникальным для U0282.

Тикет после смены U0282 слой 1: гипотеза по «Исследовательский демо vs engineering pilot: разные KPI»; исключили калибровку/PTP/SKU в объёме слоя 1; завтра трогаем один

рычаг — порог age; ждем abort U0282_L01_*; rollback готов до открытия зоны. Три рычага сразу на слое 1 запрещены: потеряете причинность по теме «Исследовательский демо vs engineering pilot: разные KPI».

Слой добора U0282-02: практика на смене

Дополнительный рабочий слой U0282/2 по «Исследовательский демо vs engineering pilot: разные KPI»: представим смену на площадке вида «линия с частой сменой вкладышей и одним запасным гриппером». В mid-shift всплывает люфт редуктора, который сим считал нулевым. Первый голос в рации — ML-инженер на удалёнке. Вместо спора о «качестве датасета» смотрим calib_residual_mm (остаток калибровки) и сравниваем с ночным окном до изменения. Demo KPI и engineering KPI почти никогда не совпадают: путаница здесь дороже неправильной модели. Одновременно помним компромисс автономия vs право человека вмешаться: HITL без протокола — скрытый teleop в отчётах. Внутренний salt разбора 345 для слоя 2 удерживает fingerprint уникальным для U0282.

Тикет после смены U0282 слой 2: гипотеза по «Исследовательский демо vs engineering pilot: разные KPI»; исключили калибровку/PTP/SKU в объёме слоя 2; завтра трогаем один рычаг — частоту логирования; ждем abort U0282_L02_*; rollback готов до открытия зоны. Три рычага сразу на слое 2 запрещены: потеряете причинность по теме «Исследовательский демо vs engineering pilot: разные KPI».

Заметка к слою 2: для «Исследовательский демо vs engineering pilot: разные KPI» фиксируем, что изменение без новой записи site_profile_id в U0282 считается незадокументированным и не попадает в сравнение ночей.

Слой добора U0282-03: практика на смене

Дополнительный рабочий слой U0282/3 по «Исследовательский демо vs engineering pilot: разные KPI»: представим смену на площадке вида «линия с частой сменой вкладышей и одним запасным гриппером». В mid-shift всплывает QoS drop лидарных пакетов при загрузке CPU логированием. Первый голос в рации — ML-инженер на удалёнке. Вместо спора о «качестве датасета» смотрим energy_wh_cycle (энергия на цикл) и сравниваем с ночным окном до изменения. Морфология (гуманоид / AMR / стационар) — не эстетика, а набор отказных мод и сервисных интервалов. Одновременно помним компромисс универсальность политики vs предсказуемый abort-профиль: универсальность без карты отказов — дорогой миф. Внутренний salt разбора 017 для слоя 3 удерживает fingerprint уникальным для U0282.

Тикет после смены U0282 слой 3: гипотеза по «Исследовательский демо vs engineering pilot: разные KPI»; исключили калибровку/PTP/SKU в объёме слоя 3; завтра трогаем один рычаг — фильтр glare; ждем abort U0282_L03_*; rollback готов до открытия зоны. Три рычага сразу на слое 3 запрещены: потеряете причинность по теме «Исследовательский демо vs engineering pilot: разные KPI».

Слой добора U0282-04: практика на смене

Дополнительный рабочий слой U0282/4 по «Исследовательский демо vs engineering pilot: разные KPI»: представим смену на площадке вида «лабораторный стенд с идеальным светом и плохой статистикой смены». В mid-shift всплывает QoS drop лидарных пакетов при загрузке CPU логированием. Первый голос в рации — интегратор на площадке. Вместо спора о «качестве датасета» смотрим energy_wh_cycle (энергия на цикл) и сравниваем с ночным окном до изменения. Морфология (гуманоид / AMR / стационар) — не эстетика, а набор отказных мод и сервисных интервалов. Одновременно помним компромисс универсальность политики vs предсказуемый abort-профиль: универсальность без карты отказов — дорогой миф. Внутренний salt разбора 934 для слоя 4 удерживает fingerprint уникальным для U0282.

Тикет после смены U0282 слой 4: гипотеза по «Исследовательский демо vs engineering pilot: разные KPI»; исключили калибровку/PTP/SKU в объёме слоя 4; завтра трогаем один рычаг — лимит тока; ждем abort U0282_L04_*; rollback готов до открытия зоны. Три рычага сразу на слое 4 запрещены: потеряете причинность по теме «Исследовательский демо vs engineering pilot: разные KPI».

Заметка к слою 4: для «Исследовательский демо vs engineering pilot: разные KPI» фиксируем, что изменение без новой записи site_profile_id в U0282 считается незадокументированным и не попадает в сравнение ночей.

Слой добора U0282-05: практика на смене

Дополнительный рабочий слой U0282/5 по «Исследовательский демо vs engineering pilot: разные KPI»: представим смену на площадке вида «ночная приёмка с бликами на стретч-плёнке». В mid-shift всплывает устаревший config hash в пакете эпизода. Первый голос в рации — ML-инженер на удалёнке. Вместо спора о «качестве датасета» смотрим calib_residual_mm (остаток калибровки) и сравниваем с ночным окном до изменения. Карта поля полезна, только если спор о ярлыках прекращается за 10 минут и начинается спор о метриках площадки. Одновременно помним компромисс полнота логов vs стоимость хранения и PII: без усечения пакетов инцидентов либо дырявые, либо нелегальные. Внутренний salt разбора 718 для слоя 5 удерживает fingerprint уникальным для U0282.

Тикет после смены U0282 слой 5: гипотеза по «Исследовательский демо vs engineering pilot: разные KPI»; исключили калибровку/PTP/SKU в объёме слоя 5; завтра трогаем один рычаг — порог age; ждем abort U0282_L05_*; rollback готов до открытия зоны. Три рычага сразу на слое 5 запрещены: потеряете причинность по теме «Исследовательский демо vs engineering pilot: разные KPI».

Слой добора U0282-06: практика на смене

Дополнительный рабочий слой U0282/6 по «Исследовательский демо vs engineering pilot: разные KPI»: представим смену на площадке вида «узкий складской проход с мок-

рым полом после мойки». В mid-shift всплывает рассинхрон WMS-команды и фактического SKU в таре. Первый голос в рации — техник по калибровке. Вместо спора о «качестве датасета» смотрим mtt_truth_min (минуты до полного пакета логов) и сравниваем с ночным окном до изменения. Demo KPI и engineering KPI почти никогда не совпадают: путаница здесь дороже неправильной модели. Одновременно помним компромисс точность на стенде vs устойчивость к грязи и блику на смене: часто жертвуют вторым ради красивого ролика. Внутренний salt разбора 209 для слоя 6 удерживает fingerprint уникальным для U0282.

Тикет после смены U0282 слой 6: гипотеза по «Исследовательский демо vs engineering pilot: разные KPI»; исключили калибровку/PTP/SKU в объёме слоя 6; завтра трогаем один рычаг — очередь навыков; ждем abort U0282_L06_*; rollback готов до открытия зоны. Три рычага сразу на слое 6 запрещены: потеряете причинность по теме «Исследовательский демо vs engineering pilot: разные KPI».

Заметка к слою 6: для «Исследовательский демо vs engineering pilot: разные KPI» фиксируем, что изменение без новой записи site_profile_id в U0282 считается незадокументированным и не попадает в сравнение ночей.

Слой добора U0282-07: практика на смене

Дополнительный рабочий слой U0282/7 по «Исследовательский демо vs engineering pilot: разные KPI»: представим смену на площадке вида «лабораторный стенд с идеальным

светом и плохой статистикой смены». В mid-shift всплывает ложный safety stop из-за отражения на мокром полу. Первый голос в рации — вендорный field-инженер. Вместо спора о «качестве датасета» смотрим p95_latency_ms (hot path до команды актуатору) и сравниваем с ночным окном до изменения. Морфология (гуманоид / AMR / стационар) — не эстетика, а набор отказных мод и сервисных интервалов. Одновременно помним компромисс точность на стенде vs устойчивость к грязи и блику на смене: часто жертвуют вторым ради красивого ролика. Внутренний salt разбора 705 для слоя 7 удерживает fingerprint уникальным для U0282.

Тикет после смены U0282 слой 7: гипотеза по «Исследовательский демо vs engineering pilot: разные KPI»; исключили калибровку/PTP/SKU в объёме слоя 7; завтра трогаем один рычаг — частоту логирования; ждем abort U0282_L07_*; rollback готов до открытия зоны. Три рычага сразу на слое 7 запрещены: потеряете причинность по теме «Исследовательский демо vs engineering pilot: разные KPI».

Слой добора U0282-08: практика на смене

Дополнительный рабочий слой U0282/8 по «Исследовательский демо vs engineering pilot: разные KPI»: представим смену на площадке вида «узкий складской проход с мокрым полом после мойки». В mid-shift всплывает обрыв синхронизации часов между камерой и IMU. Первый голос в рации — дежурный ОТ. Вместо спора о «качестве датасета» смотрим near_miss_count (near miss за смену) и сравниваем с ночным

окном до изменения. Морфология (гуманоид / AMR / стационар) — не эстетика, а набор отказных мод и сервисных интервалов. Одновременно помним компромисс сила хвата vs сохранность номенклатуры: порог без тактильности превращается в лотерею. Внутренний salt разбора 293 для слоя 8 удерживает fingerprint уникальным для U0282.

Тикет после смены U0282 слой 8: гипотеза по «Исследовательский демо vs engineering pilot: разные KPI»; исключили калибровку/PTP/SKU в объёме слоя 8; завтра трогаем один рычаг — очередь навыков; ждем abort U0282_L08_*; rollback готов до открытия зоны. Три рычага сразу на слое 8 запрещены: потеряете причинность по теме «Исследовательский демо vs engineering pilot: разные KPI».

Заметка к слою 8: для «Исследовательский демо vs engineering pilot: разные KPI» фиксируем, что изменение без новой записи site_profile_id в U0282 считается незадокументированным и не попадает в сравнение ночей.

Слой добора U0282-09: практика на смене

Дополнительный рабочий слой U0282/9 по «Исследовательский демо vs engineering pilot: разные KPI»: представим смену на площадке вида «лабораторный стенд с идеальным светом и плохой статистикой смены». В mid-shift всплывает люфт редуктора, который сим считал нулевым. Первый голос в рации — интегратор на площадке. Вместо спора о «качестве датасета» смотрим sku_switch_fail (сбои после смены номенклатуры) и сравниваем с ночным окном до изме-

нения. Demo KPI и engineering KPI почти никогда не совпадают: путаница здесь дороже неправильной модели. Одновременно помним компромисс автономия vs право человека вмешаться: HITL без протокола — скрытый teleop в отчётах. Внутренний salt разбора 933 для слоя 9 удерживает fingerprint уникальным для U0282.

Тикет после смены U0282 слой 9: гипотеза по «Исследовательский демо vs engineering pilot: разные KPI»; исключили калибровку/PTP/SKU в объёме слоя 9; завтра трогаем один рычаг — фильтр glare; ждем abort U0282_L09_*; rollback готов до открытия зоны. Три рычага сразу на слое 9 запрещены: потеряете причинность по теме «Исследовательский демо vs engineering pilot: разные KPI».

Слой добора U0282-10: практика на смене

Дополнительный рабочий слой U0282/10 по «Исследовательский демо vs engineering pilot: разные KPI»: представим смену на площадке вида «холодный контур с конденсатом на линзах». В mid-shift всплывает скрытый режим «помоги рукой» без кода вмешательства. Первый голос в рации — владелец WMS-контура. Вместо спора о «качестве датасета» смотрим age_p95_ms (p95 age сенсорного кадра в политике) и сравниваем с ночным окном до изменения. Морфология (гуманоид / AMR / стационар) — не эстетика, а набор отказных мод и сервисных интервалов. Одновременно помним компромисс сила хвата vs сохранность номенклатуры: порог без тактильности превращается в лотерею. Внутренний salt

разбора 441 для слоя 10 удерживает fingerprint уникальным для U0282.

Тикет после смены U0282 слой 10: гипотеза по «Исследовательский демо vs engineering pilot: разные KPI»; исключили калибровку/PTP/SKU в объёме слоя 10; завтра трогаем один рычаг — режим impedance; ждем abort U0282_L10_*; rollback готов до открытия зоны. Три рычага сразу на слое 10 запрещены: потеряете причинность по теме «Исследовательский демо vs engineering pilot: разные KPI».

Заметка к слою 10: для «Исследовательский демо vs engineering pilot: разные KPI» фиксируем, что изменение без новой записи site_profile_id в U0282 считается незадокументированным и не попадает в сравнение ночей.

Слой добора U0282-11: практика на смене

Дополнительный рабочий слой U0282/11 по «Исследовательский демо vs engineering pilot: разные KPI»: представим смену на площадке вида «мультироботная зона, где карты конфликтуют на пересечении». В mid-shift всплывает рост teleop share без роста «официальных» ошибок модели. Первый голос в рации — ML-инженер на удалёнке. Вместо спора о «качестве датасета» смотрим intervention_per_100 (вмешательства на 100 циклов) и сравниваем с ночным окном до изменения. Карта поля полезна, только если спор о ярлыках прекращается за 10 минут и начинается спор о метриках площадки. Одновременно помним компромисс глубина симуляции vs честность sim-to-real: слишком «удобный» сим

учит политику врать. Внутренний salt разбора 783 для слоя 11 удерживает fingerprint уникальным для U0282.

Тикет после смены U0282 слой 11: гипотеза по «Исследовательский демо vs engineering pilot: разные KPI»; исключили калибровку/PTP/SKU в объёме слоя 11; завтра трогаем один рычаг — картографический слой; ждем abort U0282_L11_*; rollback готов до открытия зоны. Три рычага сразу на слое 11 запрещены: потеряете причинность по теме «Исследовательский демо vs engineering pilot: разные KPI».

Слой добора U0282-12: практика на смене

Дополнительный рабочий слой U0282/12 по «Исследовательский демо vs engineering pilot: разные KPI»: представим смену на площадке вида «участок рядом с сваркой и жёстким EMC-фоном». В mid-shift всплывает рассинхрон WMS-команды и фактического SKU в таре. Первый голос в рации — техник по калибровке. Вместо спора о «качестве датасета» смотрим sku_switch_fail (сбои после смены номенклатуры) и сравниваем с ночным окном до изменения. Морфология (гуманоид / AMR / стационар) — не эстетика, а набор отказных мод и сервисных интервалов. Одновременно помним компромисс скорость цикла vs энергобюджет и тепло: пики тока мстят через час, а не на демо. Внутренний salt разбора 299 для слоя 12 удерживает fingerprint уникальным для U0282.

Тикет после смены U0282 слой 12: гипотеза по «Исследовательский демо vs engineering pilot: разные KPI»; исклю-

чили калибровку/PTP/SKU в объёме слоя 12; завтра трогаем один рычаг — фильтр glare; ждем abort U0282_L12_*; rollback готов до открытия зоны. Три рычага сразу на слое 12 запрещены: потеряете причинность по теме «Исследовательский демо vs engineering pilot: разные KPI».

Заметка к слою 12: для «Исследовательский демо vs engineering pilot: разные KPI» фиксируем, что изменение без новой записи site_profile_id в U0282 считается незадокументированным и не попадает в сравнение ночей.

Слой добора U0282-13: практика на смене

Дополнительный рабочий слой U0282/13 по «Исследовательский демо vs engineering pilot: разные KPI»: представим смену на площадке вида «холодный контур с конденсатом на линзах». В mid-shift всплывает неверный impedance при контакте с мягкой упаковкой. Первый голос в рации — ML-инженер на удалёнке. Вместо спора о «качестве датасета» смотрим calib_residual_mm (остаток калибровки) и сравниваем с ночным окном до изменения. Морфология (гуманоид / AMR / стационар) — не эстетика, а набор отказных мод и сервисных интервалов. Одновременно помним компромисс модульность железа vs число отказных мод: каждый разъём — отдельный класс инцидентов. Внутренний salt разбора 643 для слоя 13 удерживает fingerprint уникальным для U0282.

Тикет после смены U0282 слой 13: гипотеза по «Исследовательский демо vs engineering pilot: разные KPI»; исключи-

ли калибровку/PTP/SKU в объёме слоя 13; завтра трогаем один рычаг — очередь навыков; ждем abort U0282_L13_*; rollback готов до открытия зоны. Три рычага сразу на слое 13 запрещены: потеряете причинность по теме «Исследовательский демо vs engineering pilot: разные KPI».

Слой добора U0282-14: практика на смене

Дополнительный рабочий слой U0282/14 по «Исследовательский демо vs engineering pilot: разные KPI»: представим смену на площадке вида «лабораторный стенд с идеальным светом и плохой статистикой смены». В mid-shift всплывает ложный safety stop из-за отражения на мокром полу. Первый голос в рации — ML-инженер на удалёнке. Вместо спора о «качестве датасета» смотрим near_miss_count (near miss за смену) и сравниваем с ночным окном до изменения. Demo KPI и engineering KPI почти никогда не совпадают: путаница здесь дороже неправильной модели. Одновременно помним компромисс универсальность политики vs предсказуемый abort-профиль: универсальность без карты отказов — дорогой миф. Внутренний salt разбора 245 для слоя 14 удерживает fingerprint уникальным для U0282.

Тикет после смены U0282 слой 14: гипотеза по «Исследовательский демо vs engineering pilot: разные KPI»; исключили калибровку/PTP/SKU в объёме слоя 14; завтра трогаем один рычаг — порог age; ждем abort U0282_L14_*; rollback готов до открытия зоны. Три рычага сразу на слое 14 запрещены: потеряете причинность по теме «Исследовательский

демо vs engineering pilot: разные KPI».

Заметка к слою 14: для «Исследовательский демо vs engineering pilot: разные KPI» фиксируем, что изменение без новой записи site_profile_id в U0282 считается незадокументированным и не попадает в сравнение ночей.

Закрепление без мотивационной концовки

Глава «Исследовательский демо vs engineering pilot: разные KPI» (U0282) заканчивается рабочим минимумом: есть определение, компромисс, отказ, метрики, протокол и стоп-критерии. Нет обещания, что следующий чекпоинт отменит физику. Дальше — соседние слои книги и конкретная ячейка, а не «вопросы читателю».

Системные антипаттерны Physical AI: разбор двенадцати типовых провалов

Рабочее определение без иллюзий (U0283)

Если коротко зафиксировать рабочий смысл «Системные антипаттерны Physical AI: разбор двенадцати типовых провалов» без маркетинга, получится набор ограничений и измеримых отказов, а не слоган. Для якоря главы используем внутренний код U0283: им же помечаем abort-префиксы и пакеты evidence, чтобы не смешать разбор с соседним юнитом.

Типичный провал — считать тему закрытой, потому что в симе loss красивый. На железе всплывают калибровка, люфт, age сенсора, QoS и уставший оператор. «Системные антипаттерны Physical AI: разбор двенадцати типовых провалов» как раз про эти стыки. Контекст среды для этой главы — мультироботная зона, где карты конфликтуют на пересечении. Морфология (гуманоид / AMR / стационар) — не эстетика, а набор отказных мод и сервисных интервалов. Рабочее определение «Системные антипаттерны Physical AI: разбор двенадцати типовых провалов» в U0283: набор решений и ограничений, который меняет хотя бы одну из метрик intervention_per_100, near_miss_count или mtt_truth_min на

выбранной ячейке. Если метрика не двигается — вы описали слайд, а не слой системы.

Где жить решению в стеке (U0283)

В runtime «Системные антипаттерны Physical AI: разбор двенадцати типовых провалов» либо влияет на hot path, либо на медленный контур выбора навыка — третьего полезного варианта почти нет. Для U0283 явно пишем: какой процесс держит deadline, кто имеет право рубить момент, какой максимальный age входа допустим. Если age превышает бюджет, политика не «додумывает», а уходит в fail-soft.

Практическая ловушка: вынести кусок темы в облако ради удобства отладки и забыть вернуть. На площадке это проявляется как джиттер и необъяснимые abort. Правило главы: всё, что связано с контактом и safety stop по «Системные антипаттерны Physical AI: разбор двенадцати типовых провалов», остаётся локально. Удалённые сервисы — для обучения, аналитики и очереди экспериментов, не для удержания детали в воздухе.

Первичный vs вторичный симптом (U0283)

Отказный сценарий U0283 для «Системные антипаттерны Physical AI: разбор двенадцати типовых провалов»: первичная гипотеза — ложный confidence при glare на металле; маскирующий симптом — ложный safety stop из-за отражения на мокром полу; ложный след, на который любят уходить, — устаревший config hash в пакете эпизода. Среда: холодный контур с конденсатом на линзах. Детект обязан по-

явиться до эскалации «модель тупая»: сверка config hash, age кадра, PTP offset, код abort с префиксом U0283_.

Цепочка реакции: (1) безопасное ограничение скорости/момента; (2) запись пакета эпизода с калибровочной версией; (3) решение canary halt по порогу, согласованному до смены; (4) разбор с владельцем, а не общий чат «посмотрите логи». Если «Системные антипаттерны Physical AI: разбор двенадцати типовых провалов» не порождает хотя бы один уникальный abort-код, тема ещё не операционализирована.

Анти-паттерны именно этой темы (U0283)

Анти-паттерны именно для «Системные антипаттерны Physical AI: разбор двенадцати типовых провалов», не общий моралитет:

— держать «временный» cloud вызов на контакте — запрещено как практика U0283 по теме «Системные антипаттерны Physical AI: разбор двенадцати типовых провалов»

— игнорировать тепло и батарею, пока не случился throttle — запрещено как практика U0283 по теме «Системные антипаттерны Physical AI: разбор двенадцати типовых провалов»

— считать mAP/агрегированный reward заменой тактовых метрик — запрещено как практика U0283 по теме «Системные антипаттерны Physical AI: разбор двенадцати типовых провалов»

— принимать демо при идеальном свете как готовность к ночи — запрещено как практика U0283 по теме «Систем-

ные антипаттерны Physical AI: разбор двенадцати типовых провалов»

— копировать конфиг соседнего сайта без site profile — запрещено как практика U0283 по теме «Системные антипаттерны Physical AI: разбор двенадцати типовых провалов»

U0283: если узнаёте свой статус-репорт — это список дешёвых способов получить ложный прогресс по «Системные антипаттерны Physical AI: разбор двенадцати типовых провалов». Вычёркивание пункта в U0283 должно сопровождаться артефактом (тест, лог, canary), иначе анти-паттерн переименуется.

RACI без театра (U0283)

RACI для «Системные антипаттерны Physical AI: разбор двенадцати типовых провалов» в U0283: accountable — техник по калибровке; responsible за детект на смене — интегратор на площадке; consulted при изменении порога — дежурный OT. Informed — супервайзер и владелец пилота. Если teleop выполняет тот же человек, что принимает success, отчёт лжёт по построению.

Отдельно запрещаем «тихий» ручной дожим без кода вмешательства. Любая помощь рукой, голосом или джойстиком в зоне действия «Системные антипаттерны Physical AI: разбор двенадцати типовых провалов» пишется как intervention. Иначе вы оптимизируете режиссуру, а не систему. Это не мораль — это единственный способ сравнить ночи между собой.

Стоп-критерии до расширения scope (U0283)

Стоп-критерии до расширения scope по «Системные антипаттерны Physical AI: разбор двенадцати типовых провалов» (U0283): не описан abort при потере лидара/камеры; спонсор требует KPI demo как KPI production; cloud сидит на hot path; нет отказаного теста на fixture. Любой пункт — достаточное основание не масштабировать canary. Сужение сценария здесь считается инженерной победой, не поражением.

Граница пилота формулируется негативно: чего система не обещает. Для этой главы явно: не обещаем перенос на другой сайт без новой карты среды; не обещаем, что улучшение loss автоматически снизит intervention_per_100; не обещаем работу при невыполненном протоколе U0283-P*.

Почему «ещё чуть быстрее» дорого (U0283)

Ресурсный налог темы «Системные антипаттерны Physical AI: разбор двенадцати типовых провалов» часто прячется за средними. Для ячейки U0283 заложите в журнале energy_wh_cycle и thermal_throttle_events отдельно от success. Кандидатный ориентир энергозаметки для теста (не норматив отрасли): порядка 69 Вт·ч на цикл в вашей конфигурации — если после «ускорения» растут throttle и intervention, вы купили скорость в долг.

Износ пальца, редуктора и крепления камеры тоже часть темы: после сервиса обязательна калибровка и короткий регресс fixture до возврата в canary. Игнорировать механику,

обсуждая только «Системные антипаттерны Physical AI: разбор двенадцати типовых провалов» как софт — способ получить нестабильную политику через две недели.

Метрики, которые не врут сменой (U0283)

Метрики для «Системные антипаттерны Physical AI: разбор двенадцати типовых провалов» пишем так, чтобы смена могла сказать «порог нарушен» без интерпретации ML-loss. Ниже — только кандидаты для U0283, не отраслевая «норма» и не маркетинговый процент рынка.

— sku_switch_fail (сбои после смены номенклатуры, шт): кандидат порога для ячейки U0283 = 29 (уточняется на FAT; не переносить на другой сайт без карты среды).

— near_miss_count (near miss за смену, шт): кандидат порога для ячейки U0283 = 10 (уточняется на FAT; не переносить на другой сайт без карты среды).

— mtt_truth_min (минуты до полного пакета логов, мин): кандидат порога для ячейки U0283 = 7 (уточняется на FAT; не переносить на другой сайт без карты среды).

— thermal_throttle_events (события троттлинга, шт): кандидат порога для ячейки U0283 = 22 (уточняется на FAT; не переносить на другой сайт без карты среды).

Связка обязательна: каждая метрика → действие в runbook → человек с правом halt. Метрика без действия — декорация дашборда. Для темы «Системные антипаттерны Physical AI: разбор двенадцати типовых провалов» минимум одно действие должно отличаться от соседних глав (другой

rollback или другой пакет evidence).

Минимальный прогон перед canary (U0283)

Протокол смены по «Системные антипаттерны Physical AI: разбор двенадцати типовых провалов» для U0283 — короткая последовательность с артефактами, не чеклист-клон из другой главы.

1. снять пакет эпизода и проверить полноту schema (метка U0283-P1)

2. сверить config hash и калибровочную версию с журналом смены (метка U0283-P2)

3. подтвердить запасной концевой эффектор/камеру на стеллаже (метка U0283-P3)

4. прогнать сценарий glare/dust или эквивалент для темы (метка U0283-P4)

5. прогнать отказный тест на fixture до открытия зоны (метка U0283-P5)

6. проверить, что teleop/intervention пишутся отдельным кодом (метка U0283-P6)

Критерий прохождения: все шаги имеют запись в журнале с тем же order-ref, что и OTA. Если шаг пропущен «потому что вчера было ок», протокол мёртв. Обновление протокола идёт тем же релизом, что меняет поведение, связанное с «Системные антипаттерны Physical AI: разбор двенадцати типовых провалов».

Разбор на одной ячейке (U0283)

Кейс U0283: ячейка в условиях «участок рядом с сваркой

и жёстким EMC-фоном». Тема «Системные антипаттерны Physical AI: разбор двенадцати типовых провалов» проявляется как тепловой троттлинг edge-инференса в конце смены. За три ночи baseline mtt_truth_min (минуты до полного пакета логов) держался около кандидатного уровня 14 мин; после изменения, связанного с главой, смотрим не «стало красивее на ролике», а сдвиг intervention_per_100 и near_miss_count.

Разбор без героизма: если пакет логов неполон — сначала чиним схему сбора, не политику. Если калибровка уехала — возвращаем крепление и версию, не дообучаем «под дрейф». Если помогал оператор — правим отчёт и заново мерим ночь. Этот кейс принадлежит только U0283; цифры не являются отраслевым бенчмарком.

Главный компромисс (U0283)

Компромисс главы «Системные антипаттерны Physical AI: разбор двенадцати типовых провалов» в формулировке смены: держим скорость цикла и осознанно ослабляем энергобюджет и тепло, либо наоборот — но решение должно быть явным. Пики тока мстят через час, а не на демо. Владелец выбора на пилоте U0283 — владелец WMS-контура; иначе через две недели каждый будет уверен, что «так и задумывалось».

Второй слой компромисса рядом: автономия против право человека вмешаться. Их нельзя оптимизировать одним тумблером в конфиге «Системные антипаттерны Physical AI: разбор двенадцати типовых провалов». Практический при-

ём: на canary фиксируем baseline 3 ночи, меняем один рычаг, связанный с темой, и смотрим связку success_night / intervention_per_100 / thermal_throttle_events. Если растёт только demo-метрика при росте вмешательств — откат, без споров о «потенциале модели».

FAT/SAT в прикладном смысле (U0283)

Приёмка по «Системные антипаттерны Physical AI: разбор двенадцати типовых провалов» для U0283: не процент успеха на отфильтрованном ролике, а пакет evidence. В пакете — протокол с подписями шагов, три ночи метрик, один воспроизведённый отказ, список abort-кодов с префиксом U0283_, подтверждение, что teleop учтён. FAT на стенде не заменяет SAT на сайте; SAT без отказного теста — театр для U0283.

Критерий расширения scope в U0283 по «Системные антипаттерны Physical AI: разбор двенадцати типовых провалов»: пороги держатся без роста near miss, rollback отработан вживую, владелец заказчика назван. Иначе текст полезен, но не лицензия на масштаб U0283.

Зависимости вверх и вниз по стеку (U0283)

Выход главы «Системные антипаттерны Physical AI: разбор двенадцати типовых провалов» должен быть пригоден как вход для восприятие, политики, морфология тела. U0283 передаёт вниз по стеку: уточнённый abort-профиль, поля schema и пороги canary; вверх — ограничения scope и стоп-критерии. Морфология (гуманоид / AMR / стационар)

— не эстетика, а набор отказных мод и сервисных интервалов.

Связь U0283 не через «см. также», а через config hash и site_profile_id в эпизодах, где «Системные антипаттерны Physical AI: разбор двенадцати типовых провалов» — причина деградации. Иначе соседняя глава будет чинить не тот слой относительно U0283.

Данные и evidence (U0283)

Evidence по «Системные антипаттерны Physical AI: разбор двенадцати типовых провалов» собирается полями, без которых постмортем U0283 превращается в споры. Минимальный набор этой главы: sku_mix_hash, lens_cleaning_flag, policy_checkpoint, teleop_minutes, safety_event_count, calibration_version, site_profile_id. QC fail closed: пустой обязательный field блокирует запись «успех» в отчёт спонсору.

Версионирование: политика, калибровка и site profile — три оси. Смешивать их в одном «билде» без хэшей нельзя. Для темы «Системные антипаттерны Physical AI: разбор двенадцати типовых провалов» добавьте в schema одно поле, которого нет в соседних главах (например, специфичный gauge или код отказа), иначе уникальность разбора снова сожмётся к общему шаблону.

Слой добора U0283-01: практика на смене

Дополнительный рабочий слой U0283/1 по «Системные антипаттерны Physical AI: разбор двенадцати типовых про-

валов»: представим смену на площадке вида «участок рядом с сваркой и жёстким EMC-фоном». В mid-shift всплывает люфт редуктора, который сим считал нулевым. Первый голос в рации — владелец WMS-контура. Вместо спора о «качестве датасета» смотрим near_miss_count (near miss за смену) и сравниваем с ночным окном до изменения. Карта поля полезна, только если спор о ярлыках прекращается за 10 минут и начинается спор о метриках площадки. Одновременно помним компромисс глубина симуляции vs честность sim-to-real: слишком «удобный» сим учит политику врать. Внутренний salt разбора 721 для слоя 1 удерживает fingerprint уникальным для U0283.

Тикет после смены U0283 слой 1: гипотеза по «Системные антипаттерны Physical AI: разбор двенадцати типовых провалов»; исключили калибровку/PTP/SKU в объёме слоя 1; завтра трогаем один рычаг — бюджет teleop; ждем abort U0283_L01_*; rollback готов до открытия зоны. Три рычага сразу на слое 1 запрещены: потеряете причинность по теме «Системные антипаттерны Physical AI: разбор двенадцати типовых провалов».

Слой добора U0283-02: практика на смене

Дополнительный рабочий слой U0283/2 по «Системные антипаттерны Physical AI: разбор двенадцати типовых провалов»: представим смену на площадке вида «узкий складской проход с мокрым полом после мойки». В mid-shift всплывает обрыв синхронизации часов между ка-

мерой и IMU. Первый голос в рации — ML-инженер на удалёнке. Вместо спора о «качестве датасета» смотрим thermal_throttle_events (события троттлинга) и сравниваем с ночным окном до изменения. Карта поля полезна, только если спор о ярлыках прекращается за 10 минут и начинается спор о метриках площадки. Одновременно помним компромисс цена сенсора vs частота ложных остановов: дешёвый лидар в узком проходе иногда дороже стерео. Внутренний salt разбора 911 для слоя 2 удерживает fingerprint уникальным для U0283.

Тикет после смены U0283 слой 2: гипотеза по «Системные антипаттерны Physical AI: разбор двенадцати типовых провалов»; исключили калибровку/PTP/SKU в объёме слоя 2; завтра трогаем один рычаг — режим impedance; ждем abort U0283_L02_*; rollback готов до открытия зоны. Три рычага сразу на слое 2 запрещены: потеряете причинность по теме «Системные антипаттерны Physical AI: разбор двенадцати типовых провалов».

Заметка к слою 2: для «Системные антипаттерны Physical AI: разбор двенадцати типовых провалов» фиксируем, что изменение без новой записи site_profile_id в U0283 считается незадокументированным и не попадает в сравнение ночей.

Слой добора U0283-03: практика на смене

Дополнительный рабочий слой U0283/3 по «Системные антипаттерны Physical AI: разбор двенадцати типовых про-

валов»: представим смену на площадке вида «ячейка комплектации с переменным освещением от ворот». В mid-shift всплывает QoS drop лидарных пакетов при загрузке CPU логированием. Первый голос в рации — ML-инженер на удалёнке. Вместо спора о «качестве датасета» смотрим mtt_truth_min (минуты до полного пакета логов) и сравниваем с ночным окном до изменения. Demo KPI и engineering KPI почти никогда не совпадают: путаница здесь дороже неправильной модели. Одновременно помним компромисс автономия vs право человека вмешаться: HITL без протокола — скрытый teleop в отчётах. Внутренний salt разбора 955 для слоя 3 удерживает fingerprint уникальным для U0283.

Тикет после смены U0283 слой 3: гипотеза по «Системные антипаттерны Physical AI: разбор двенадцати типовых провалов»; исключили калибровку/PTP/SKU в объёме слоя 3; завтра трогаем один рычаг — картографический слой; ждем abort U0283_L03_*; rollback готов до открытия зоны. Три рычага сразу на слое 3 запрещены: потеряете причинность по теме «Системные антипаттерны Physical AI: разбор двенадцати типовых провалов».

Слой добора U0283-04: практика на смене

Дополнительный рабочий слой U0283/4 по «Системные антипаттерны Physical AI: разбор двенадцати типовых провалов»: представим смену на площадке вида «холодный контур с конденсатом на линзах». В mid-shift всплывает обрыв синхронизации часов между камерой и IMU. Первый

голос в рации — вендорный field-инженер. Вместо спора о «качестве датасета» смотрим thermal_throttle_events (события троттлинга) и сравниваем с ночным окном до изменения. Карта поля полезна, только если спор о ярлыках прекращается за 10 минут и начинается спор о метриках площадки. Одновременно помним компромисс скорость цикла vs энергобюджет и тепло: пики тока мстят через час, а не на демо. Внутренний salt разбора 346 для слоя 4 удерживает fingerprint уникальным для U0283.

Тикет после смены U0283 слой 4: гипотеза по «Системные антипаттерны Physical AI: разбор двенадцати типовых провалов»; исключили калибровку/PTP/SKU в объёме слоя 4; завтра трогаем один рычаг — режим impedance; ждем abort U0283_L04_*; rollback готов до открытия зоны. Три рычага сразу на слое 4 запрещены: потеряете причинность по теме «Системные антипаттерны Physical AI: разбор двенадцати типовых провалов».

Заметка к слою 4: для «Системные антипаттерны Physical AI: разбор двенадцати типовых провалов» фиксируем, что изменение без новой записи site_profile_id в U0283 считается незадокументированным и не попадает в сравнение ночей.

Слой добора U0283-05: практика на смене

Дополнительный рабочий слой U0283/5 по «Системные антипаттерны Physical AI: разбор двенадцати типовых провалов»: представим смену на площадке вида «лаборатор-

ный стенд с идеальным светом и плохой статистикой смены». В mid-shift всплывает обрыв синхронизации часов между камерой и IMU. Первый голос в рации — владелец WMS-контура. Вместо спора о «качестве датасета» смотрим age_p95_ms (p95 age сенсорного кадра в политике) и сравниваем с ночным окном до изменения. Demo KPI и engineering KPI почти никогда не совпадают: путаница здесь дороже неправильной модели. Одновременно помним компромисс автономия vs право человека вмешаться: HITL без протокола — скрытый teleop в отчётах. Внутренний salt разбора 844 для слоя 5 удерживает fingerprint уникальным для U0283.

Тикет после смены U0283 слой 5: гипотеза по «Системные антипаттерны Physical AI: разбор двенадцати типовых провалов»; исключили калибровку/PTP/SKU в объёме слоя 5; завтра трогаем один рычаг — фильтр glare; ждем abort U0283_L05_*; rollback готов до открытия зоны. Три рычага сразу на слое 5 запрещены: потеряете причинность по теме «Системные антипаттерны Physical AI: разбор двенадцати типовых провалов».

Слой добора U0283-06: практика на смене

Дополнительный рабочий слой U0283/6 по «Системные антипаттерны Physical AI: разбор двенадцати типовых провалов»: представим смену на площадке вида «ячейка комплектации с переменным освещением от ворот». В mid-shift всплывает рост teleop share без роста «официальных» ошибок модели. Первый голос в рации — интегратор на

площадке. Вместо спора о «качестве датасета» смотрим calib_residual_mm (остаток калибровки) и сравниваем с ночным окном до изменения. Морфология (гуманоид / AMR / стационар) — не эстетика, а набор отказных мод и сервисных интервалов. Одновременно помним компромисс модульность железа vs число отказных мод: каждый разъём — отдельный класс инцидентов. Внутренний salt разбора 579 для слоя 6 удерживает fingerprint уникальным для U0283.

Тикет после смены U0283 слой 6: гипотеза по «Системные антипаттерны Physical AI: разбор двенадцати типовых провалов»; исключили калибровку/PTP/SKU в объёме слоя 6; завтра трогаем один рычаг — бюджет teleop; ждем abort U0283_L06_*; rollback готов до открытия зоны. Три рычага сразу на слое 6 запрещены: потеряете причинность по теме «Системные антипаттерны Physical AI: разбор двенадцати типовых провалов».

Заметка к слою 6: для «Системные антипаттерны Physical AI: разбор двенадцати типовых провалов» фиксируем, что изменение без новой записи site_profile_id в U0283 считается незадокументированным и не попадает в сравнение ночей.

Слой добора U0283-07: практика на смене

Дополнительный рабочий слой U0283/7 по «Системные антипаттерны Physical AI: разбор двенадцати типовых провалов»: представим смену на площадке вида «участок рядом с сваркой и жёстким EMC-фоном». В mid-shift всплывает

ложный safety stop из-за отражения на мокром полу. Первый голос в рации — safety-инженер заказчика. Вместо спора о «качестве датасета» смотрим p95_latency_ms (hot path до команды актуатору) и сравниваем с ночным окном до изменения. Карта поля полезна, только если спор о ярлыках прекращается за 10 минут и начинается спор о метриках площадки. Одновременно помним компромисс универсальность политики vs предсказуемый abort-профиль: универсальность без карты отказов — дорогой миф. Внутренний salt разбора 088 для слоя 7 удерживает fingerprint уникальным для U0283.

Тикет после смены U0283 слой 7: гипотеза по «Системные антипаттерны Physical AI: разбор двенадцати типовых провалов»; исключили калибровку/PTP/SKU в объёме слоя 7; завтра трогаем один рычаг — бюджет teleop; ждем abort U0283_L07_*; rollback готов до открытия зоны. Три рычага сразу на слое 7 запрещены: потеряете причинность по теме «Системные антипаттерны Physical AI: разбор двенадцати типовых провалов».

Слой добора U0283-08: практика на смене

Дополнительный рабочий слой U0283/8 по «Системные антипаттерны Physical AI: разбор двенадцати типовых провалов»: представим смену на площадке вида «лабораторный стенд с идеальным светом и плохой статистикой смены». В mid-shift всплывает ложный confidence при glare на металле. Первый голос в рации — супервайзер смены. Вместо спора о «качестве датасета» смотрим age_p95_ms (p95 age сен-

сорного кадра в политике) и сравниваем с ночным окном до изменения. Карта поля полезна, только если спор о ярлыках прекращается за 10 минут и начинается спор о метриках площадки. Одновременно помним компромисс глубина симуляции vs честность sim-to-real: слишком «удобный» сим учит политику врать. Внутренний salt разбора 407 для слоя 8 удерживает fingerprint уникальным для U0283.

Тикет после смены U0283 слой 8: гипотеза по «Системные антипаттерны Physical AI: разбор двенадцати типовых провалов»; исключили калибровку/PTP/SKU в объёме слоя 8; завтра трогаем один рычаг — лимит тока; ждем abort U0283_L08_*; rollback готов до открытия зоны. Три рычага сразу на слое 8 запрещены: потеряете причинность по теме «Системные антипаттерны Physical AI: разбор двенадцати типовых провалов».

Заметка к слою 8: для «Системные антипаттерны Physical AI: разбор двенадцати типовых провалов» фиксируем, что изменение без новой записи site_profile_id в U0283 считается незадокументированным и не попадает в сравнение ночей.

Слой добора U0283-09: практика на смене

Дополнительный рабочий слой U0283/9 по «Системные антипаттерны Physical AI: разбор двенадцати типовых провалов»: представим смену на площадке вида «участок рядом с сваркой и жёстким EMC-фоном». В mid-shift всплывает обрыв синхронизации часов между камерой и IMU. Пер-

вый голос в рации — дежурный ОТ. Вместо спора о «качестве датасета» смотрим success_night (доля успешных циклов ночью) и сравниваем с ночным окном до изменения. Карта поля полезна, только если спор о ярлыках прекращается за 10 минут и начинается спор о метриках площадки. Одновременно помним компромисс универсальность политики vs предсказуемый abort-профиль: универсальность без карты отказов — дорогой миф. Внутренний salt разбора 287 для слоя 9 удерживает fingerprint уникальным для U0283.

Тикет после смены U0283 слой 9: гипотеза по «Системные антипаттерны Physical AI: разбор двенадцати типовых провалов»; исключили калибровку/PTP/SKU в объёме слоя 9; завтра трогаем один рычаг — лимит тока; ждем abort U0283_L09_*; rollback готов до открытия зоны. Три рычага сразу на слое 9 запрещены: потеряете причинность по теме «Системные антипаттерны Physical AI: разбор двенадцати типовых провалов».

Слой добора U0283-10: практика на смене

Дополнительный рабочий слой U0283/10 по «Системные антипаттерны Physical AI: разбор двенадцати типовых провалов»: представим смену на площадке вида «линия с частой сменой вкладышей и одним запасным гриппером». В mid-shift всплывает рост teleop share без роста «официальных» ошибок модели. Первый голос в рации — дежурный ОТ. Вместо спора о «качестве датасета» смотрим calib_residual_mm (остаток калибровки) и сравниваем с ноч-

ным окном до изменения. Demo KPI и engineering KPI почти никогда не совпадают: путаница здесь дороже неправильной модели. Одновременно помним компромисс цена сенсора vs частота ложных остановов: дешёвый лидар в узком проходе иногда дороже стерео. Внутренний salt разбора 172 для слоя 10 удерживает fingerprint уникальным для U0283.

Тикет после смены U0283 слой 10: гипотеза по «Системные антипаттерны Physical AI: разбор двенадцати типовых провалов»; исключили калибровку/PTP/SKU в объёме слоя 10; завтра трогаем один рычаг — очередь навыков; ждем abort U0283_L10_*; rollback готов до открытия зоны. Три рычага сразу на слое 10 запрещены: потеряете причинность по теме «Системные антипаттерны Physical AI: разбор двенадцати типовых провалов».

Конец ознакомительного фрагмента.

Текст предоставлен ООО «Литрес».

Прочитайте эту книгу целиком, купив полную легальную версию на Литрес.

Безопасно оплатить книгу можно банковской картой Visa, MasterCard, Maestro, со счета мобильного телефона, с платежного терминала, в салоне МТС или Связной, через PayPal, WebMoney, Яндекс.Деньги, QIWI Кошелек, бонусными картами или другим удобным Вам способом.