

СЛАЩЕВ ЕВГЕНИЙ СЕРГЕЕВИЧ



**КАК ПОСТРОИТЬ
ЗАВОД БЕЗ ХАОСА**

..

Евгений Слащев

**Как построить завод без
хаоса. Системный подход к
созданию производства с нуля**

«Автор»

2026

Слащев Е.

Как построить завод без хаоса. Системный подход к созданию производства с нуля / Е. Слащев — «Автор», 2026

Большинство российских производств рождаются стихийно — из «гаражных» цехов, где успех держится лишь на интуиции и героическом упорстве основателя. Эта книга предлагает радикально иной путь: спроектировать завод как строгую экономическую систему еще до покупки первого станка. Автор отвергает оба тупиковых сценария: хаотичный рост малого бизнеса и слепое копирование неповоротливых индустриальных гигантов с их раздутой иерархией. Вместо этого читатель получает пошаговую методику создания конкурентоспособного предприятия. Вы последовательно пройдете весь цикл: экономика замысла: расчет продукта от цены конкурента; построение спецификации как «ДНК бизнеса»; организация труда: внедрение бригадных форм работы; цифровой контур: интеграция систем в единую экосистему; сквозное управление: превращение склада и снабжения из пассивных хранилищ в активные элементы планирования; логика решений: применение законов формальной логики для ответа на главный вопрос — строить ли завод вообще.

© Слащев Е., 2026

© Автор, 2026

Содержание

Введение. Почему интуитивный подход убивает эффективность	5
ЧАСТЬ I. ПРОДУКТ И ЭКОНОМИКА ЗАМЫСЛА	7
Глава 2. Как запустить свой цех и не прогореть: метод «от цены конкурента»	12
Глава 3. У любого изделия есть аналог	15
ЧАСТЬ II. ДОКУМЕНТАЛЬНЫЙ ФУНДАМЕНТ ПРОИЗВОДСТВА	19
Конец ознакомительного фрагмента.	22

Евгений Слащев

Как построить завод без хаоса. Системный подход к созданию производства с нуля

Введение. Почему интуитивный подход убивает эффективность

Типичный российский завод малого и среднего масштаба рождается так: инженер или предприниматель, устав работать «на дядю», арендует бокс, покупает подержанный станок и начинает делать то, что умеет. Если продукт находит спрос, вокруг первого станка нарастает второй, третий, появляются наёмные рабочие — и «гараж» превращается в цех. Главными факторами успеха при этом остаются прошлый опыт руководителя и его личная энергия, а не проверенные методики промышленного инжиниринга.

Проблема в том, что такое предприятие несёт в себе врождённые пороки: продукт не посчитан, документация фрагментарна, оплата труда не связана с результатом, управление держится на памяти основателя. Пока оборот мал, пороки незаметны. При росте они превращаются в хаос: срывы сроков, брак, кассовые разрывы и выгорание владельца.

Есть и другая крайность — копирование практик крупных промышленных гигантов с их стремлением контролировать «каждый винтик» самостоятельно, многоуровневой иерархией и колоссальными накладными расходами. Для малого частного завода это столь же тупиковый путь: структура, созданная для тысяч работников и гарантированного заказа, раздавит бизнес на сотню человек. (Оговоримся: речь не о том, что крупные предприятия «плохи», — их устройство решает другие задачи; речь о неприменимости их модели к малому производству, живущему в условиях рыночной конкуренции.)

Эта книга — о третьем пути: завод проектируется как система заранее, от экономики продукта до логики мышления основателя. Книга состоит из пяти частей:

•

Часть I

(главы 1–3) отвечает на вопрос «что и почём производить»: анатомия машины, расчёт от цены конкурента, поиск аналогов.

•

Часть II

(главы 4–5) строит документальный фундамент: спецификация и цепочка подготовки производства.

•

Часть III

(главы 6–9) посвящена людям: бригадные формы труда, цифровой двойник бригады, вовлечение в цифровую среду, ритм оплаты.

•

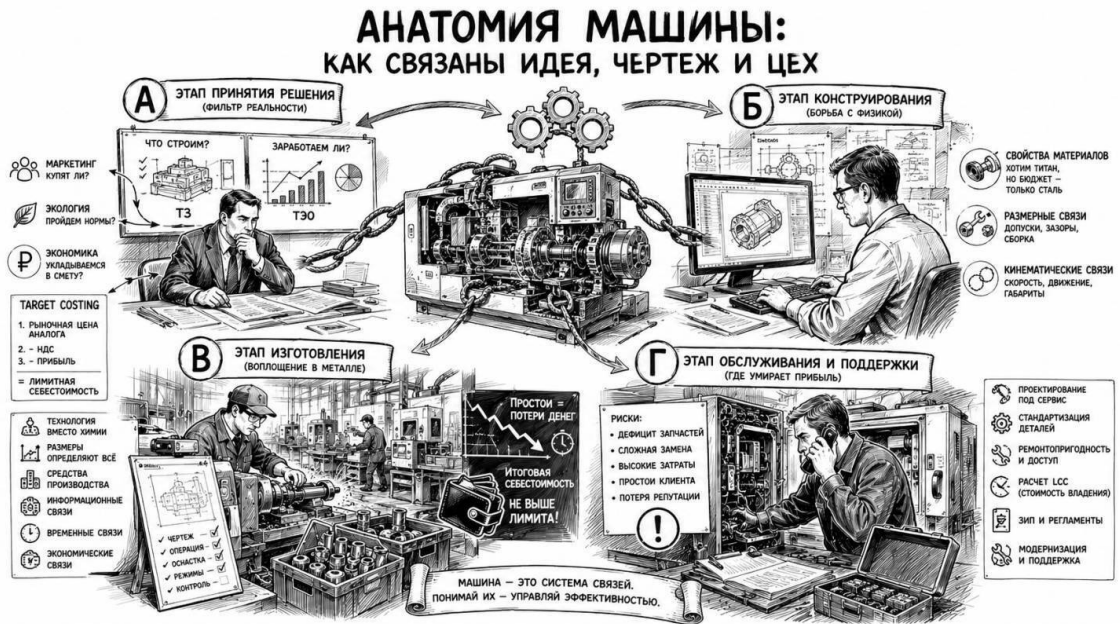
Часть IV

(главы 10–16) собирает цифровой контур предприятия: контроль и APS, связка CRM–PDM–производство, стратегия, склад, снабжение, финансы и налоги.

•

Часть V

(главы 17–19) — мышление основателя: мотивация, суждения и формальная логика решений.



ЧАСТЬ I. ПРОДУКТ И ЭКОНОМИКА ЗАМЫСЛА

Глава 1. Анатомия машины: как связаны идея, чертёж и цех

Новое производство не строится на пустом месте — оно всегда упирается в жёсткие рамки рынка, физики материалов и площади вашего цеха. Чтобы машина получилась качественной и прибыльной, нужно понимать, какие невидимые нити связывают инженера за монитором, рабочего у станка и покупателя.

Весь процесс создания удобно разделить на несколько этапов. Они следуют друг за другом во времени, но постоянно обмениваются «ударами»: ошибка конструктора неизбежно бьёт по карману производственника, а требование маркетолога может сломать отличную инженерную схему.

А. Этап принятия решения (фильтр реальности)

Всё начинается с вопроса: «Это вообще кому-то надо?» Отправная точка — рынок, заявки отдела продаж или заказы сторонних предприятий. На выходе этого этапа должны появиться два документа:

-

Техническое задание (ТЗ)

— что именно мы строим?

-

Технико-экономическое обоснование (ТЭО)

— заработаем ли мы на этом деньги?

Эти бумаги — закон для всех остальных. Именно здесь решается судьба проекта. На практике работа сводится к перебору вариантов компоновки, формулировке требований и математическому моделированию. Если цифры не сходятся — вариант выбрасывается без сожалений.

Важный практический момент. Нельзя выбирать конструкцию только потому, что она дешёвая в сборке. Она может оказаться прожорливой до топлива или токсичной. Устранение экологических последствий потом съест всю экономию. Поэтому решение принимается при одновременном учёте трёх сил:

Маркетинг: купят ли это и будет ли оно лучше, чем у соседа?

Экология: пройдёт ли машина новые нормы по выбросам?

Экономика: укладываемся ли мы в смету?

Быстрая проверка кошелька (Target Costing) (*подробно метод разобран в главе 2*). На конкурентном рынке цену диктует покупатель. Ваша задача — уложиться в неё. Метод работает от обратного:

Берём рыночную цену аналога.

Вычитаем НДС и желаемую чистую прибыль.

Полученная сумма становится вашим абсолютным потолком — лимитной себестоимостью.

Из этой суммы конструктор получает лимит на металл, технолог — лимит на зарплату рабочих, а директор видит потребность в персонале и оборудовании. Если ваши реальные мощности вписываются в эти цифры — запуск целесообразен. Если нет — проект требует инвестиций в расширение площадей или покупку новых станков.

Б. Этап конструирования (борьба с физикой)

Здесь абстрактные требования превращаются в конкретные линии на чертеже. Конструктор жонглирует тремя группами связей, пытаясь найти золотую середину:

•

Свойства материалов.

Мы хотим титан, потому что он прочный, но бюджет взят из предыдущего этапа и позволяет только качественную сталь. Инженер вынужден менять геометрию детали, чтобы более дешёвый материал выдержал нагрузку.

•

Размерные связи.

Геометрия деталей. Насколько плотно должны прилегать шестерни? Ошибётесь на пол-миллиметра — узел сторит. Сделаете зазоры слишком маленькими — заклинит при нагреве. Здесь же решается вопрос сборки: сможете ли вы соединить узлы руками, или потребуется робот стоимостью в половину завода.

•

Кинематические связи.

Как будут двигаться механизмы? Это чистая механика, где скорость движения часто вступает в конфликт с габаритами корпуса, которые опять же ограничены требованиями маркетинга.

В. Этап изготовления (воплощение в металле)

На производстве все теоретические связи сталкиваются с реальностью грязного пола, затупившихся резцов и человеческого фактора.

•

Технология вместо химии.

Заданный конструктором химический состав превращается в реальную структуру металла, его твёрдость и внутренние напряжения. Сварщик передержал шов — деталь повело, нарушились размерные связи.

•

Размеры определяют всё.

Точность замыкающих звеньев (того, как детали встают друг в друга) определяет выбор оборудования и оснастки. Если допуски в ТЗ заданы нереально жёсткими, вам придётся покупать швейцарские станки вместо отечественных, что мгновенно разрушит экономику проекта.

•

Связи средств производства.

Планировка цеха, склады, транспорт. Классическая болезнь гаражных производств — когда самый дорогой лазерный станок простаивает часами, потому что рабочий вручную возит заготовки через весь ангар на рохле.

•

Информационные связи.

Поток бумаг и данных. Чертёж должен дойти до станочника вовремя и быть понятным. Часто информация остаётся невостребованной: конструктор нарисовал идеальный профиль, а мастер цеха округлил углы сваркой, потому что «так быстрее», испортив информационный замысел.

•

Временные связи.

Все простои суммируются. Минута, потраченная рабочим на поиск гаечного ключа, умноженная на тираж, превращается в недели потерянной прибыли. Временные связи тесно переплетены с экономическими: время — это буквально сгорающие деньги.

•

Экономические связи.

Итоговая себестоимость. На этапах идеи расчёты были примерными. Теперь, когда закуплен металл и начислена зарплата, цифра становится окончательной. И если она выше лимита, бизнес начинает работать в минус с каждой проданной машиной.

Вывод для практика. Анализ этих связей составляет суть работы главного технолога. Его задача — смотреть на машину не как на набор железок, а как на систему пересечений. Где лишний килограмм массы тянет за собой удорожание логистики? Где сложная форма детали увеличивает норму часа в полтора раза? Понимание того, как маркетинг давит на экологию, а физика материала — на площадь склада, позволяет устранить лишние трудозатраты ещё до того, как первый кусок металла попадёт под резец.

Г. Этап обслуживания и постгарантийной поддержки (где умирает прибыль)

В учебниках машиностроения жизненный цикл часто заканчивается отгрузкой машины покупателю. В реальности в этот момент только начинается самая сложная часть работы — борьба за то, чтобы эта машина не превратилась в памятник на территории клиента.

Для «гаражных» производств этот этап обычно становится сюрпризом: станок продан, деньги получены, но через полгода у заказчика ломается копеечная деталь, которой нет на складе. Производство встаёт, заказчик требует неустойку, а вы судорожно ищите токаря, который сможет выточить уникальную втулку по фотографии.

Проблема дефицита комплектующих. Главная ловушка серийного производства — рассинхронизация сроков службы компонентов и гарантийного срока изделия. Типичная ситуация из практики:

-

Изделие:

промышленный контроллер или станок с ЧПУ.

-

Гарантийный срок:

12 месяцев (согласно требованиям рынка).

-

Компонент:

электролитический конденсатор или подшипник скольжения.

-

Реальный ресурс компонента:

6–8 месяцев при пиковых нагрузках.

Если конструктор просто закупил качественные детали для сборки первых 500 штук, это не значит, что изделие проживёт год. Когда через семь месяцев у клиентов массово начнут выходить из строя эти конденсаторы, выяснится, что:

Поставщик снял эту серию с производства.

Аналог имеет другие габариты, и корпус нужно перепроектировать (этап Б давно пройден).

Срок поставки новой партии составляет 40 недель.

Практическое правило этапа Б: проектирование под сервис. Чтобы избежать коллапса на этапе Г, закладывать логистику запчастей нужно ещё на стадии конструирования (этап Б). Технологу и конструктору обязаны считать состав изделия не на момент продажи, а на весь жизненный цикл.

Как это работает на практике (алгоритм расчёта):

Анализ ресурса. Мы знаем, что выбранный конденсатор служит 6 месяцев. Гарантия на машину — 12 месяцев.

Коэффициент запаса. Он определяется отношением гарантийного срока изделия к ресурсу компонента:

$$K_3 = T_{\Gamma} / T_{\kappa} = 12 / 6 = 2, (1)$$

где K_3 — коэффициент запаса; $T_Г$ — гарантийный срок изделия, мес.; $T_к$ — фактический ресурс компонента, мес.

Это означает, что внутри одного изделия конструктивно должно быть заложено *минимум два* таких конденсатора, либо должна быть предусмотрена их гарантированная замена.

Регламентное ТО. Если физически уместить второй конденсатор невозможно (не позволяет схемотехника), его стоимость и трудозатраты на замену *обязательно* включаются в себестоимость первого технического обслуживания (ТО-1).

В технической документации (которая относится к информационным связям этапа В) это фиксируется жёстко:

- *«Через 6 месяцев эксплуатации произвести замер ёмкости конденсаторов С5–С8. При отклонении более чем на 15 % — обязательная превентивная замена»*

- В перечень ЗИП (запасные части, инструменты и принадлежности), поставляемый вместе с машиной, включается ремкомплект именно для этого узла.

Связи этапа обслуживания (техническая старость против экономической выгоды). На этом этапе вступают в силу новые группы связей, которые игнорируются молодыми предприятиями:

- **Связи обратной унификации.**

На этапе Б выгодно использовать уникальные детали, сделанные специально под ваш проект (так красивее или компактнее). На этапе Г это оборачивается катастрофой. Машину приходится списывать, потому что заменить копеечный пластиковый фиксатор нельзя — завод-изготовитель пресс-формы закрылся три года назад.

Правило:

чем выше стандартность детали (болты, реле, шланги), тем дешевле постгарантийный сервис.

- **Информационные связи (ремонтпригодность).**

Достаточно ли места вокруг узла, чтобы слесарь пролез туда с ключом? Или для замены того самого конденсатора нужно распилить сварной корпус? Если разборка машины занимает 12 нормо-часов, клиент предпочтёт купить изделие конкурента, а ваше — выбросить на свалку.

- **Экономические связи (LCC — Life Cycle Costing).**

Стоимость владения. Клиент покупает не станок за миллион, а стоимость каждого часа его работы. Если ваша машина потребляет на 2 кВт больше энергии, чем аналог, или требует дорогого специалиста для замены масла раз в месяц, рыночная цена вашего изделия (из которой мы считали лимитную себестоимость на этапе А) будет принудительно снижена рынком. Вы будете работать бесплатно.

Постгарантийный этап: переход от сервиса к бизнесу на запчастях. После окончания гарантии наступает самый маржинальный период жизни изделия. Для производителя здесь важно соблюсти баланс:

Дефицит как рычаг. Искусственно ограничивать поставку дешёвых запчастей, стимулируя покупку новой машины (стратегия некоторых крупных корпораций). Однако для малого бизнеса это путь к потере репутации.

Модернизация. Предложить клиенту апгрейд старого парка станков. Поскольку конструкция вам уже знакома (связи этапов А и Б сохранены в архивах), производство узлов модернизации обходится дёшево, а продаются они дорого.

Итоговое умозаключение.

Перспективным является то изделие, которое спроектировано так, чтобы его было легко чинить чужими руками по вашей инструкции. Если на этапе конструирования (Б) вы видите деталь с ресурсом меньше гарантии — удваивайте её количество в спецификации или меняйте конструкцию сразу. Попытка сэкономить 50 рублей на конденсаторе во время разработки приведёт к убыткам в десятки тысяч рублей на этапе логистики и выезда сервис-инженера, когда машина уже стоит у разгневанного покупателя.

ГЛАВА 2.
КАК ЗАПУСТИТЬ СВОЙ ЦЕХ И НЕ ПРОГОРЕТЬ:
МЕТОД «ОТ ЦЕНЫ КОНКУРЕНТА»

МОЯ ЖЕЛЕЗКА ИДЕАЛЬНА!

500 000Р

ЦЕНА РЫНКА (АНАЛОГ)
280 000Р

ШАГ 1. ОТСЕКАЕМ ЛИШНЕЕ ОТ РЫНОЧНОЙ ЦЕНЫ

- НДС 22% - 49 868Р
- ПРИБЫЛЬ 20% - 38 875Р

ЛИМИТНАЯ СЕБЕСТОИМОСТЬ
= 191 257Р

ЭТО ВАШ АБСОЛЮТНЫЙ ПОТОЛОК!

$$C_{\text{лимит}} = \frac{Ц_{\text{р}}}{(1+n)(1+r)}$$

$$= \frac{280\,000}{1,22 \cdot 1,20} = 191\,256,83 \text{ руб.}$$

ШАГ 2. ПЕРЕВОДИМ ДЕНЬГИ НА ЯЗЫК ИНЖЕНЕРОВ

КОНСТРУКТОРУ: МАТЕРИАЛЫ	≤ 86 065 Р
ТЕХНОЛОГУ: ЗАРПЛАТА РАБОЧИХ	≤ 34 426 Р
НАЧАЛЬНИКУ ПРОИЗВОДСТВА: ТРУДОЁМКОСТЬ	≤ 149,68 НОРМО-ЧАСА

У ВАС НЕТ ЗАДАЧИ «СДЕЛАТЬ ДЕШЕВО», У ВАС ЕСТЬ РОВНО 150 ЧАСОВ!

ШАГ 3. СЧИТАЕМ РЕСУРСЫ ПРЕДПРИЯТИЯ (используем данные)

ПЕРСОНАЛ	ОБОРУДОВАНИЕ	ПЛОЩАДЬ
~38 РАБОЧИХ НА ПРОИЗВОДСТВО ~62 ЧЕЛОВЕКА С УЧЕТОМ ВОСПОМОГАТЕЛЬНЫХ СЛУЖБ	~11 ЕДИНИЦ ОСНОВНОГО ОБОРУДОВАНИЯ	~1 056 М² СБОРКА + СКЛАДЫ

СОПОСТАВЬТЕ СВОИ ВОЗМОЖНОСТИ:

✓ ХВАТАЕТ? ЗАПУСК ЦЕЛЕСООБРАЗЕН!

✗ НЕ ХВАТАЕТ? ПРОЕКТ ТРЕБУЕТ ИНВЕСТИЦИЙ И ПЕРЕРАСЧЕТА ОКУПАЕМОСТИ

ШАГ 4. ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ К РЕАЛЬНОСТИ! — (НАЛОГИ И ТЕНДЕРЫ)

РОСТ НДС С 20% ДО 22%

НДС 20%	→ -3 187 Р	НДС 22%
---------	------------	---------

- МИНУС 2,5 НОРМО-ЧАСА
- СОКРАЩЕНИЕ ШТАТА НА ПАРУ ЧЕЛОВЕК
- ВСЕ ЛИМИТЫ УЖЕСТОЧАЮТСЯ НА ~1,6%

НЕ БЕРИТЕ ЦЕНЫ ИЗ БУКЛЕТОВ! ОРИЕНТИРУЙТЕСЬ ТОЛЬКО НА РЕАЛЬНЫЕ СДЕЛКИ, ТЕНДЕРЫ И СЧЕТА!

ИТОГОВОЕ УМОЗАКЛЮЧЕНИЕ

ПЕРСПЕКТИВНО НЕ ТО, ЧТО КАЖЕТСЯ ГЕНИАЛЬНЫМ, А ТО, ЧТО ВПИСЫВАЕТСЯ В ВАШИ ВОЗМОЖНОСТИ С ЗАПАСОМ!

✓ ЦЕНА РЫНКА
✓ ЛИМИТЫ ЗАТРАТ
✓ МОЩНОСТИ ЦЕХА
= УСПЕШНЫЙ ЗАПУСК!

Глава 2. Как запустить свой цех и не прогореть: метод «от цены конкурента»

Большинство гаражных производств умирают в первый год по одной причине: основатель влюбляется в свою железку. Он тратит месяцы на доведение детали до идеала, закупает дорогой материал, платит рабочим — а потом выставляет станок на рынок и узнаёт, что китайцы продают такой же за 200 тысяч рублей.

В реальном секторе машиностроения цена диктуется рынком. Вы не можете сказать покупателю: «Я потратил много сил, поэтому купите мой станок за полмиллиона». Если рыночный аналог стоит 280 000 рублей, ваша задача — научиться выживать внутри этой суммы. Классическая формула малого бизнеса «затраты плюс моя прибыль» здесь не работает. Работает обратный подход, который называется *Target Costing* (целевое калькулирование): мы берём рыночную цену и раскручиваем её назад.

Ниже приведён алгоритм принятия решения о запуске нового изделия для предпринимателя или главного инженера. Это экспресс-оценка, которая занимает один-два дня и позволяет понять, есть ли у проекта шансы на жизнь ещё до того, как вы нарисуете первый чертёж. Сквозным примером будет условный фрезерно-гравировальный станок.

Шаг 1. Отсекаем лишнее от рыночной цены

Допустим, ваш конкурент продаёт изделие за **280 000 рублей**. Из этой цифры нужно последовательно вынуть то, что вам никогда не достанется:

НДС. При ставке 22 % из 280 000 руб. исчезает почти 50 тысяч.

Прибыль (рентабельность). Чтобы бизнес рос, а не просто существовал, закладываем минимум 20 %.

Лимитная себестоимость рассчитывается по формуле

$$C_{\text{лим}} = C_p / (1 + n) / (1 + r) = 280\,000 / 1,22 / 1,20 = 191\,256,83 \text{ руб.}, (2)$$

где $C_{\text{лим}}$ — лимитная себестоимость, руб.; C_p — рыночная цена аналога, руб.; n — ставка НДС (0,22); r — норма рентабельности (0,20).

Эта сумма — **191 257 рублей** — ваш абсолютный потолок. Это лимитная себестоимость. Ни одна копейка сверх этого значения не должна быть потрачена на создание машины. Превысили лимит хоть на рубль — проект автоматически становится планово убыточным при сохранении рыночной цены.

Шаг 2. Переводим деньги на язык инженеров

Абстрактные миллионы ничего не говорят мастеру цеха. Поэтому лимитную себестоимость нужно разложить по типовой структуре затрат. Теперь каждый участник процесса получает чёткую границу:

•

Конструктору:

на материалы можно потратить не более

86 065 рублей

. Хочешь использовать титан? Ищи другого заказчика. Вписывайся в сталь с термообработкой.

•

Технологу:

лимит на основную зарплату рабочих —

34 426 рублей

.

•

Начальнику производства:

зная среднюю часовую ставку рабочего, мы получаем предельную трудоёмкость —

149,68 нормо-часа

на одно изделие Р-100.

Именно здесь абстрактное требование рынка превращается в понятный технарям инструмент. У вас нет задачи «сделать дёшево». У вас есть ровно 150 часов времени, чтобы собрать этот узел в нужном количестве.

Шаг 3. Считаем ресурсы предприятия (проверка мощностей)

Зная допустимую трудоёмкость и планируемый объём выпуска (например, **500 штук в год**), можно заранее рассчитать физические потребности завода. Делать это нужно до закупки станков:

•

Персонал:

вам потребуется около

38 основных рабочих

непосредственно на изготовлении и сборке. С учётом мастеров, ОТК, логистики и директора штат должен набраться примерно

62 человека

•

Оборудование:

для выполнения такого объёма работ необходимо порядка

11 единиц

основного оборудования.

•

Площадь:

сборочной линии и складам потребуется около

1 056 м²

•

Теперь решение о запуске сводится к простому сопоставлению со своими возможностями. Загляните в свой цех:

• Есть свободные 11 станков и 1000 квадратов площади? Люди сидят без заказов?

Запуск целесообразен

, мощности позволяют переварить заказ без лишних вложений.

• Не хватает людей, станки загружены на 100 %, площадей нет? Дефицит составляет больше 15–20 %? Значит, проект требует серьёзных инвестиций в расширение. Нужно заново считать окупаемость этих вложений и понимать, через сколько лет они отобьются.

Шаг 4. Чувствительность к реальности (налоги и тендеры)

Метод жёстко реагирует на изменения извне. Повышение НДС всего на два процентных пункта (с 20 % до 22 %) при неизменной цене продажи мгновенно «съело» **3 187 рублей** вашей себестоимости: лимит по формуле (2) при ставке 20 % составил бы 194 444 руб. против 191 257 руб. при ставке 22 %. Все лимиты ужесточились примерно на 1,6 %. Это минус 2,5 нормо-часа труда и сокращение расчётного штата на пару человек.

Отсюда главное правило оценки: **никогда не берите цены из рекламных буклетов конкурентов**. Прайс-лист — это хотелки отдела продаж. Ориентируйтесь только на фактические цены сделок, итоговые протоколы тендеров и реальные счета. Ошибка в оценке рыночной цены на 5 % пустит под откос все расчёты конструкторов и технологов.

Итоговое умозаключение

Перспективным изделием для вашего стартапа является не то, которое кажется вам гениальным, а то, в которое ваши текущие возможности укладываются с запасом.

Метод обратного расчёта превращает единственную цифру — цену конкурента — в полную систему координат для вашего бизнеса. За два дня работы с калькулятором вы получаете ответ на главный вопрос: «Создавать ли производство под данный продукт?» Если реальный штат ваших сотрудников, парк станков и площадь гаража (цеха) вписываются в лимиты, выведенные из рыночной цены, — жгите резину и начинайте монтаж конвейера. Если нет — ищите другую нишу, пока не закончились оборотные средства.



Глава 3. У любого изделия есть аналог

«У любой железки есть дедушка: иерархия аналогов и почему флешка — это просто цифровая тетрадь».

В машиностроении существует опасное заблуждение: «Мы создаём уникальный продукт, у которого нет конкурентов». Это самообман. Если ваша машина предназначена для перемещения груза, её аналогом является не только такой же грузовик от другого завода, но и лошадь с телегой или вертолёт.

У любого изделия всегда есть функциональный аналог. Задача инженера и предпринимателя при создании нового производства — найти этот аналог (даже если он кажется архаичным) и понять, по какому закону развивались подобные системы в прошлом. В теории решения изобретательских задач (ТРИЗ), созданной Генрихом Альтшуллером¹, эта концепция называется **законом повышения степени идеальности системы**.

Что такое идеальный конечный результат (ИКР)

С точки зрения ТРИЗ любая техническая система эволюционирует в сторону упрощения. Идеальная машина — это когда функции выполняются, а самой машины (её веса, стоимости, сложности) нет. Формула ИКР: **«машины нет, а функция выполняется»**. Система стремится избавиться от лишних деталей, узлов и источников энергии, передавая их функции самому объекту обработки или окружающей среде.

Чтобы увидеть эту эволюцию, нужно подняться над привычным уровнем техники и посмотреть на иерархию систем.

Иерархия аналогов по уровням абстракции

Для наглядности рассмотрим развитие идеи «переносчика информации» (флешка и тетрадь). Эту иерархию можно разложить на пять уровней:

•

Уровень 5. Надсистема (функция высшего порядка):

хранение и передача опыта/данных

. На этом уровне конкурентом книги может быть сказитель (человек-носитель памяти) или даже наскальный рисунок. Здесь исчезает сам материальный носитель.

•

Уровень 4. Система (прямой технический конкурент):

внешний носитель данных

. Бумажная книга, глиняная табличка, перфокарта, дискета, USB-накопитель, облачное хранилище. Здесь мы сравниваем технические характеристики: объём, скорость доступа, долговечность.

•

Уровень 3. Подсистема (элемент):

носитель записи

. Чернила, графит карандаша, слой оксида железа на магнитной ленте, кремниевый чип. Конкуренция идёт на уровне физики материалов.

•

Уровень 2. Микроуровень:

структура материала

. Молекулярная решётка бумаги, кристаллическая структура полупроводника. Функция реализуется за счёт изменения свойств самого вещества.

•

¹ Альтшуллер Г. С. Найти идею: введение в ТРИЗ — теорию решения изобретательских задач.

Уровень 1. Принцип действия (физический эффект):

изменение состояния поверхности

. Оставление следа трением, изменение намагниченности, удержание электрического заряда.

Практический вывод для производителя. Когда вы проектируете новый станок для нарезки шестерён, вашими аналогами являются не только другие зуборезные станки (уровень 4), но и технология 3D-печати металлом (другой принцип реализации той же функции) или даже литьё в песчаные формы (более низкий технологический уровень).

Как искать аналоги в реальном производстве (методика)

Если вы создаёте производство, например, компактных дизельных генераторов, ваши аналоги распределяются так:

Уровень

Тип аналога

Пример для задачи «Выработка электричества вдали от сети»

Надсистема

Отказ от генерации / внешний источник

Централизованная электросеть, протягивание кабеля ЛЭП, использование аккумуляторов вместо выработки

Система

Прямая замена устройства

Бензиновый генератор, солнечные панели с инвертором, ветрогенератор, подключение к автомобильному аккумулятору

Подсистема

Источник механической энергии

Двигатель внутреннего сгорания (аналог ручной мышечной силы или падающей воды)

Микроуровень

Физика процесса

Химическая реакция горения топлива против фотоэлектрического эффекта в панелях

Эволюционная лестница технических систем (на примере транспорта)

Рассмотрим закон развития систем на примере аналогии с автомобилем и повозкой. Обратите внимание: каждое новое решение не просто добавляет скорости — оно устраняет главный недостаток предыдущего этапа.

Этап 1. Способность (биологическая система). Человек переносит груз на себе. *Недостаток:* низкая грузоподъёмность, человек быстро устаёт.

Этап 2. Механизация (простейший инструмент). Животное тянет повозку. Появляется колесо (подсистема). *Недостаток:* зависимость от корма, болезни животного, малая скорость.

Этап 3. Ступенчатая механизация (замена источника энергии). Паровой двигатель заменяет лошадь. Появляется локомобиль. *Недостаток:* огромный вес котла, необходимость возить с собой воду и топливо, долгая подготовка к пуску.

Этап 4. Внутреннее сгорание (повышение удельной мощности). ДВС сжигает топливо прямо в цилиндрах. Автомобиль вытесняет паровые машины из частного сектора. *Недостаток:* сложная трансмиссия, шум, вибрации, выбросы.

Этап 5. Электрификация и автоматизация. Убирается коробка передач (источник потерь), управление берёт на себя электроника. *Недостаток:* пока ещё малый запас хода тяжёлых батарей.

Этап 6. Повышение динамичности (объединение функций). Активная подвеска меняет клиренс под дорогу, кузов участвует в поглощении удара. Машина становится «умной».

Идеальный конечный результат (ИКР). Телепортация объекта из точки А в точку Б. Функция перемещения достигнута без расхода энергии на трение, без двигателя и без риска ДТП. *(Или более приземлённый вариант: дорога сама перемещает машину, как современный конвейерный транспорт Hyperloop или вакуумные поезда.)*

Почему поиск далёких аналогов критически важен для бизнеса

Когда предприниматель говорит: «Наш деревообрабатывающий станок уникален», он добровольно надевает шоры. Анализируя аналоги, нужно смотреть шире:

Ценообразование. Если вы делаете ручную дрель, вашим рыночным конкурентом является дешёвый рабочий с отвёрткой (надсистема — человеческий труд). Вы не можете продавать дрель дороже, чем стоит дневной заработок этого рабочего.

Инновации. Изучая конную повозку при разработке автомобиля, инженеры прошлого поняли главную проблему — сопротивление качению. Так появилось обрешивание колёс. Сегодня, изучая «дедовские» методы передачи усилия (например, канатные тяги), можно найти новые способы отказа от сложных подшипниковых узлов.

Прогноз устаревания. Если вы строите завод карбюраторов, посмотрев на иерархию аналогов, вы увидите неизбежный переход к инжектору, а затем к электромотору. Это позволяет вовремя перепрофилировать производственные площади.

Итоговое умозаключение

Не бывает изделий без аналогов. Даже если ваше изделие сделано из принципиально нового композита, его аналогом будет старый чугунный люк, если оба они выполняют функцию закрытия смотрового колодца. При организации нового производства первым делом составляется список функциональных конкурентов на всех уровнях иерархии — от физических эффектов до глобальных логистических цепочек. Перспективным оказывается то изделие, которое делает шаг вверх по этой лестнице: выполняет старую функцию эффективнее, проще или дешевле, приближая систему к её идеальному конечному результату.



ЧАСТЬ II. ДОКУМЕНТАЛЬНЫЙ ФУНДАМЕНТ ПРОИЗВОДСТВА

Глава 4. Спецификация: главный документ, из которого растёт завод

В «гаражном» производстве чертёж часто рисуют мелом на верстаке, а список деталей держат в голове у основателя. Это работает ровно до того момента, пока основатель не уходит в отпуск или не пытается нанять второго рабочего.

В системном машиностроении есть только один документ, который имеет значение, — **спецификация**. Если вы понимаете спецификацию, вы понимаете экономику своего завода.

Что это такое? Спецификация (СП) — это полный иерархический перечень всего, из чего состоит изделие. Чертёж показывает форму и размеры, а спецификация отвечает на вопросы: «Сколько?» и «Из чего именно?». При первом членении конструктор делит машину на:

Конструкторские сборочные единицы (КСЕ): узлы, которые можно собрать отдельно (например, двигатель, фрезерно-гравировальный станок).

Детали: то, что изготавливается из цельного куска материала.

Покупные комплектующие (ПК): подшипники, болты, микросхемы, электродвигатели.

Почему спецификация определяет себестоимость (финансовая модель). Любой рубль в вашей смете берётся не «из воздуха». Он жёстко привязан к строке спецификации. Спецификация — это финансовая модель изделия, записанная языком конструктора.

Раздел спецификации

Что это в деньгах

Документация

Зарплата инженеров (ТЗ, чертежи, техпроекты)

Сборочные единицы

Труд слесарей-сборщиков + стоимость входящих узлов

Детали

Стоимость металла/пластика + работа станочников

Стандартные изделия

Прямые затраты отдела снабжения (закупка гаек, винтов)

Материалы

Листовой прокат, прутки, литье

Прочие

Стоимость покупных изделий

Если сложить все строки спецификации с учётом нормо-часов, вы получите точную себестоимость. Не бывает затрат «ниоткуда»: если деталь появилась в чертеже, она автоматически создала потребность в материале, инструменте и рабочем времени.

Как спецификация превращается в завод (организация производства). Когда чертежи подписаны в производство, за дело берётся технолог. Для него спецификация — это инструкция по строительству цехов.

Разделение потоков. Технолог смотрит в СП и говорит: «Болты М8 берём со склада № 1, этот корпус льём сами в литейном цехе, а эту шестерню точим здесь». Структура ваших складов и отделов снабжения полностью повторяет разделы спецификации.

Членение на цеха (расцеховка). Каждая крупная часть изделия требует своего участка. Из состава спецификации вырастает расцеховка — документ, определяющий маршруты. Сколько уникальных сборочных единиц в списке — столько маршрутов будет блуждать по вашему заводу.

Схема сборки. Технолог выбирает «базовую деталь» (ту, к которой всё прикручивается) и строит дерево сборки. Главное правило практической сборки: каждая промежуточная единица должна собираться автономно. Если для установки маленького датчика нужно разобрать весь собранный ранее фрезерно-гравировальный станок — ваш конструктор допустил ошибку на этапе Б.

Оборудование. Количество шпинделей, прессов и гайковёртов определяется количеством оригинальных деталей в спецификации.

Трудоёмкость: откуда берутся люди. Каждая позиция спецификации распадается на операции. В серийном производстве типовой состав работ при сборке выглядит так:

- **собственно сборочные работы**
(свинчивание, запрессовка): ~45 %;
- **пригоночные работы**
(опиливание, подгонка «по месту», шабрение): 20–25 % (
это главная болезнь гаражных производств, которую нужно выжигать на этапе кон-
струирования
);
- **контроль качества:**
10–12 %;
- **регулировка и настройка:**
7–9 %;
- **остальное**
(транспортировка, подготовка, окраска): остаток.

Технолог берёт нормативы времени (сколько минут сверлится отверстие диаметром 10 мм) и суммирует их по всем операциям. Так получается трудоёмкость. Например, для отдельной детали изделия Р-100 — вала-шестерни, изготавливаемой на поточной линии, — она составила **0,91 нормо-часа** на штуку. (*Не путайте уровни расчёта: 0,91 н-ч — трудоёмкость одной детали; 149,68 н-ч из главы 2 — суммарная трудоёмкость всего изделия Р-100 по всем деталям и переделам.*)

Как посчитать штатное расписание (жёсткая математика). Логика расчёта людей опирается исключительно на спецификацию и план выпуска. Сначала считается общая программа по детали:

$$T_{\text{прог}} = t_{\text{шт}} \times N = 0,91 \times 500 = 455 \text{ н-ч, (3)}$$

где $T_{\text{прог}}$ — годовая программа работ по детали, н-ч; $t_{\text{шт}}$ — штучное время, н-ч; N — годовой план выпуска, шт.

Затем — количество основных рабочих:

$$Ч_{\text{осн}} = T_{\text{прог}} / \Phi_{\text{д}} = 455 / 1900 \approx 0,24 \text{ чел.}, (4)$$

где $Ч_{\text{осн}}$ — расчётная численность основных рабочих, чел.; $\Phi_{\text{д}}$ — действительный годовой фонд времени одного рабочего (≈ 1900 ч).

(Понятно, что 0,24 человека — это сигнал: либо рабочий будет загружен на четверть, либо норма завышена. Обычно используют такт выпуска: если каждые 20 минут должно выходить готовое изделие, мы просто распределяем эти 0,91 часа между рабочими вдоль конвейера. Именно суммирование таких дробных расчётных численностей по всем деталям и операциям изделия Р-100 и даёт те самые 38 основных рабочих из главы 2.)

Проверка через моделирование обязательна. Если коэффициент загрузки одного места 0,9, другого 0,8, а третьего 0,38 — значит, третье рабочее место лишнее. Операции надо перераспределять, иначе вы платите зарплату за простой. Спецификация через трудоёмкость диктует вам количество людей в таблице.

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.