

ЭНЦИКЛОПЕДИЯ РЕМОНТА СТАРОГО ПРОМЫШЛЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

ТОМ 1

УНИВЕРСАЛЬНАЯ ДИАГНОСТИКА,
ДЕФЕКТАЦИЯ И ВОССТАНОВЛЕНИЕ



ВЛАДИМИР АЛЕКСАНДРОВИЧ ПАВЛОВ

Владимир Павлов

Энциклопедия ремонта старого промышленного оборудования

<https://litres.ru/74342074>

SelfPub; 2026

Аннотация

«Энциклопедия ремонта старого промышленного оборудования. Том 1» — иллюстрированное руководство для инженеров-механиков, ремонтников, мастеров и наладчиков. Книга помогает находить причины отказов, оценивать износ и принимать обоснованное решение: регулировать, восстанавливать или заменять узел.

В центре тома — универсальная диагностика, дефектация и восстановление оборудования разных лет выпуска. Читатель узнает, как безопасно подготовить машину к осмотру, проверить валы, подшипники, муфты, зубчатые передачи, уплотнения, смазку, гидравлику, насосы и электроприводы. Пошаговые алгоритмы, схемы, фотографические реконструкции, таблицы симптомов, карты измерений и ремонтные формы делают книгу рабочим инструментом.

Издание не привязано к одной марке или модели: оно обучает инженерной логике поиска неисправностей и документированию ремонта. Полезно практикам, студентам технических

специальностей и всем, кто занимается обслуживанием, восстановлением и эксплуатацией промышленной техники.

Содержание

От автора	10
Назначение, ответственность и безопасность	11
Правовой статус текста и изображений	12
Назначение тома	14
Редакционные правила серии	15
Состав многотомной энциклопедии	16
1. Машина как цепь преобразования энергии	17
1.1. Паспорт функциональных узлов	18
2. Безопасная остановка и первичный осмотр	19
2.1. Последовательность изоляции энергии	20
2.2. Осмотр до очистки	21
3. Диагностика без догадок	22
3.1. Формулировка симптома	23
3.2. Контрольное воздействие	24
4. Измерения и дефектация деталей	25
4.1. Подготовка измерения	25
4.2. Карта измерения цилиндрической поверхности	26
5. Валы, муфты и центровка	28
5.1. Последовательность центровки агрегата	29
5.2. Биение и несоосность — разные дефекты	30
6. Подшипниковые узлы	32
6.1. Следы и возможные механизмы	33

6.2. Монтажные принципы	35
7. Гидравлические системы: логика поиска отказа	36
7.1. Диагностическая матрица	37
8. Электромеханическая часть: границы первичной проверки	39
9. Решение: ремонтировать, восстанавливать или заменять	40
10. Рабочие формы	41
10.1. Карта первичного обследования	41
10.2. Ведомость дефектов	42
10.3. Протокол контрольного пуска	43
11. Зубчатые передачи: осмотр, измерение и решение о ремонте	44
11.1. Классификация наблюдаемых повреждений	46
11.2. Пятно контакта	47
12. Резьбовые соединения и крепёж старых машин	48
12.1. Контролируемая затяжка	49
13. Уплотнения валов, штоков и разъёмов	50
13.1. Восстановление дорожки под манжету	51
14. Системы смазки и анализ загрязнений	52
14.1. Отбор представительной пробы	53
15. Центробежные насосы: расширенная карта ремонта	54

15.1. Разборка с сохранением диагностических следов	55
15.2. Симптомы насоса	56
16. Восстановление валов и отверстий	57
16.1. Карта технологического решения	58
17. Шабрение и восстановление направляющих	59
17.1. Последовательность геометрического восстановления	60
18. Испытания после ремонта	61
18.1. Что делает ремонт доказанным	62
19. Авторские права и происхождение материалов	63
Атлас диагностических карт	64
ДК-01. Машина не запускается	65
Запись измерений	66
ДК-02. Повышенная вибрация	67
Запись измерений	68
ДК-03. Перегрев подшипникового узла	69
Запись измерений	70
ДК-04. Редуктор шумит	71
Запись измерений	72
ДК-05. Насос не развивает давление	73
Запись измерений	74
ДК-06. Гидроцилиндр ползёт или останавливается	75
Запись измерений	76

ДК-07. Утечка по валу	77
Запись измерений	78
ДК-08. Двигатель перегружен по току	79
Запись измерений	80
ДК-09. После ремонта дефект вернулся	81
Запись измерений	82
Приложение А. Как наполнять модельные главы	83
Приложение Б. Реестр иллюстраций	84
20. Токарные станки: устройство и границы системы	85
20.1. Токарные станки: карта симптомов	87
20.2. Токарные станки: осмотр до разборки	88
20.3. Токарные станки: карта измерений и дефектации	90
20.4. Токарные станки: способы восстановления	91
20.5. Токарные станки: сборка и регулировка	92
20.6. Токарные станки: контрольный пуск и испытания	94
20.7. Токарные станки: ремонтный паспорт	95
21. Фрезерные станки: устройство и границы системы	96
21.1. Фрезерные станки: карта симптомов	98
21.2. Фрезерные станки: осмотр до разборки	99
21.3. Фрезерные станки: карта измерений и дефектации	101
21.4. Фрезерные станки: способы	102

восстановления	
21.5. Фрезерные станки: сборка и регулировка	103
21.6. Фрезерные станки: контрольный пуск и испытания	105
21.7. Фрезерные станки: ремонтный паспорт	106
22. Сверлильные и расточные станки: устройство и границы системы	107
22.1. Сверлильные и расточные станки: карта симптомов	109
22.2. Сверлильные и расточные станки: осмотр до разборки	110
Конец ознакомительного фрагмента.	111

Владимир Павлов ЭНЦИКЛОПЕДИЯ РЕМОНТА СТАРОГО ПРОМЫШЛЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

ЭНЦИКЛОПЕДИЯ РЕМОНТА

**СТАРОГО ПРОМЫШЛЕННОГО ОБОРУДОВА-
НИЯ**

**Том 1 · Универсальная диагностика, дефектация и восста-
новление**

**Большое иллюстрированное справочное издание
Владимир Александрович Павлов**

От автора

Эта книга выросла из практической задачи: помочь мастеру не потеряться перед машиной, чья документация утрачена, а история ремонтов неизвестна. Старое оборудование не терпит самоуверенности. Ему нужны чистота наблюдения, последовательность измерений и уважение к скрытой энергии.

Я сознательно не подменяю заводские паспорта «универсальными» цифрами. Там, где решение зависит от модели, материала, нагрузки или класса точности, книга учит сначала найти надёжный источник, выполнить расчёт или провести измерение. Пустое поле в ремонтном паспорте честнее красивой, но непроверенной цифры.

Надеюсь, что том станет не поводом для рискованного эксперимента, а рабочим партнёром: поможет задать правильные вопросы, собрать свидетельства и передать следующему инженеру не догадку, а понятную и проверяемую запись.

Владимир Александрович Павлов

Назначение, ответственность и безопасность

Важно. Издание носит справочный и учебный характер. Оно не заменяет паспорт машины, проектную документацию, действующие обязательные требования, оценку рисков, наряд-допуск и решение квалифицированного специалиста.

До работ идентифицируют машину, её модификацию, все источники и виды накопленной энергии.

Питание изолируют и блокируют; давление сбрасывают; грузы и подвижные части надёжно удерживают; конденсаторы разряжают; нагретые зоны охлаждают.

Отсутствие опасной энергии проверяют исправным средством измерения. Одной команды «стоп» недостаточно.

Размеры, моменты затяжки, давления, температуры, зазоры и материалы для конкретной модели проверяют по надёжному источнику или расчёту.

Фотореконструкции и функциональные схемы показывают принцип наблюдения, но не являются монтажными чертежами конкретной машины.

Правовой статус текста и изображений

Текст, структура, таблицы, обобщённые схемы и подписи к иллюстрациям созданы для настоящего издания. Фотографические листы являются специально созданными художественными реконструкциями. Они не воспроизводят заводскую конструкторскую документацию и не должны толковаться как точное изображение определённой модели.

Материал третьих лиц может быть добавлен в будущей редакции только при подтверждённом основании: письменном разрешении, открытой лицензии или достоверно установленном переходе в общественное достояние.

Для каждого стороннего материала ведутся запись об авторе, источнике, лицензии, объёме использования и ограничениях.

Информация об авторстве, источнике и условиях использования не удаляется и не изменяется без законного основания.

Цитирование и иллюстрирование из сторонних источников не признаётся автоматически свободным: в каждом случае проверяются цель, объём использования и обязательное указание автора и источника.

Авторское право. © Владимир Александрович Павлов, 2026. Все права на авторский текст, оригинальную структуру, таблицы и схемы охраняются законом. Любое договорное указание псевдонима не должно толковаться как отказ от авторства или права на имя.

Назначение тома

Эта книга предназначена для механиков, наладчиков, инженеров по ремонту, владельцев небольших производств и реставраторов техники, которым приходится возвращать в работу машины с утраченной документацией. Первый том создаёт общий язык диагностики: как описывать симптом, локализовать участок отказа, измерять износ, принимать решение о восстановлении и документировать результат.

Граница применимости. Том не заменяет паспорт конкретной машины, расчёт прочности, проект модернизации или допуск к опасным работам. Числа, зависящие от модели, материала, давления, скорости и класса точности, должны подтверждаться заводским документом, расчётом либо измерением исправного эталонного узла.

Редакционные правила серии

Каждая схема, созданная для книги, обозначается как функциональная, монтажная, измерительная или принципиальная.

Художественные и реконструированные изображения не используются как источник размеров.

Любое числовое значение сопровождается единицей измерения, условием измерения и происхождением.

Неизвестное заводское значение отмечается полем «уточнить для модели», а не заменяется типовым числом.

Операции с электричеством, давлением, подъёмом грузов, нагретыми деталями и накопленной энергией выделяются предупреждением.

Состав многотомной энциклопедии

Том	Предмет	Основные материалы
1	Универсальная диагностика и ремонт	дефектация, измерения, посадки, валы, подшипники, уплотнения
2	Металлорежущие станки	кинематические цепи, шпиндели, направляющие, коробки скоростей
3	Прессы и кузнечное оборудование	кривошипные, гидравлические и винтовые машины
4	Насосы и компрессоры	гидравлическая часть, клапаны, уплотнения, пульсации
5	Электропривод и генераторы	обмотки, изоляция, пуск, защита, возбуждение
6	Сварочное оборудование и печи	силовые цепи, трансформаторы, нагрев, футеровка
7	Промышленная гидравлика	насосы, распределители, цилиндры, фильтрация, испытания
8	Старые КИП и автоматика	механические, пневматические и ранние электронные приборы

1. Машина как цепь преобразования энергии

Даже сложное оборудование удобно начинать не с перечня деталей, а с потока энергии. Электродвигатель преобразует электрическую энергию во вращение; муфта и редуктор передают момент; насос превращает вращение в поток и давление; цилиндр — давление в линейное усилие. Если на выходе отсутствует полезное действие, диагност движется по цепи от подтверждённой точки к неподтверждённой.

Функциональная цепь машины: искать отказ следует по ходу энергии



Контрольные точки: питание → момент/давление → передача → движение → результат

Рисунок 1.1 — Универсальная функциональная цепь промышленной машины

1.1. Паспорт функциональных узлов

Узел	Вход	Выход	Наблюдаемые признаки
Электродвигатель	напряжение, частота	частота вращения, момент	ток, нагрев, шум, вибрация
Редуктор	вращение входного вала	изменённая скорость и момент	люфт, температура масла, стук
Насос	вращение, подпор на входе	расход и давление	кавитационный шум, пульсации, утечка
Гидроцилиндр	поток под давлением	ход и усилие штока	скорость, ползучесть, нагрев
Шпиндель	момент и осевая фиксация	точное вращение инструмента	биение, нагрев опор, качество поверхности

2. Безопасная остановка и первичный осмотр

Опасность. Остановленная машина не обязательно безопасна. Энергия остаётся в маховике, поднятом ползуне, пружине, аккумуляторе, конденсаторе, нагретой массе, гидролинии и подвешенном грузе.

2.1. Последовательность изоляции энергии

Определить все источники энергии и все возможные пути самопуска.

Остановить оборудование штатным способом, не используя аварийную кнопку как обычный выключатель.

Разъединить источники, установить блокировки и персональные предупреждающие бирки по правилам предприятия.

Снять или надёжно удерживать накопленную энергию: стравить давление, разрядить конденсаторы, опустить груз, затормозить маховик.

Проверить отсутствие энергии независимым исправным средством измерения.

Зафиксировать положение органов управления, трубопроводов, проводов и деталей до разборки.

2.2. Осмотр до очистки

Первый осмотр проводят до мойки: потёки, дорожки пыли, выброс смазки, продукты фреттинг-коррозии и цвет побежалости часто исчезают вместе с грязью. Сначала выполняют обзорные снимки, затем средние планы узлов и крупные планы дефектов с масштабной линейкой.

Наблюдение	Вероятное значение	Что проверить
Сухая дорожка пыли от стыка	периодическое раскрытие или подсос	крепёж, плоскостность, вибрацию
Красно-бурая пыль у посадки	микродислокации, фреттинг	натяг, овальность, состояние поверхности
Радиальный веер масла	утечка на вращающейся детали	манжету, вал, давление в корпусе
Синеватый оттенок стали	локальный перегрев	смазку, зазор, соосность
Односторонний блеск муфты	перекося или осевое смещение	центровку и мягкую лапу

3. Диагностика без догадок

Маршрут доказательной диагностики

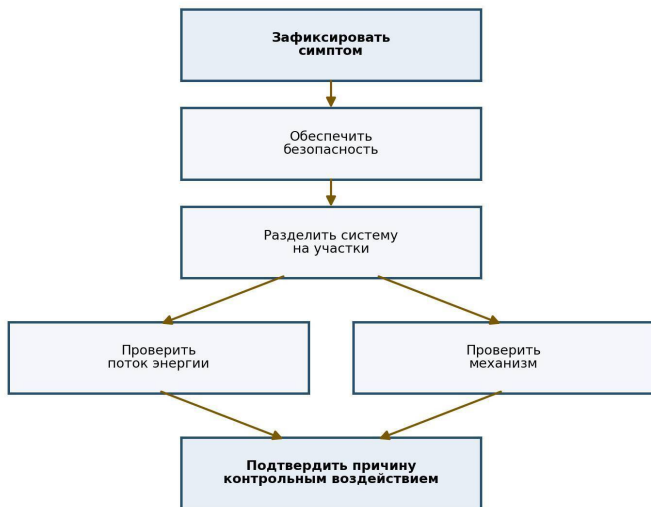


Рисунок 3.1 — Маршрут от симптома к подтверждённой причине

3.1. Формулировка симптома

Фраза «станок плохо работает» диагностически бесполезна. Полезное описание содержит режим, момент появления, направление изменения, место проявления и измеряемый результат: «после 25–30 минут работы температура корпуса передней опоры возрастает быстрее задней; одновременно увеличивается осевое биение шпинделя».

3.2. Контрольное воздействие

Причина считается подтверждённой, когда осмысленное изменение одного фактора предсказуемо изменяет симптом. Например, временное устранение мягкой лапы уменьшает вибрацию; подача масла известной вязкости снижает температуру опоры; отключение разгрузочного клапана меняет набор давления. Контрольное воздействие не должно выводить машину за безопасные режимы.

Ошибка диагностики	Почему возникает	Как предотвращать
Замена исправных деталей	симптом принимают за причину	требовать измерение до и после
Одновременная регулировка нескольких узлов	невозможно понять, что помогло	менять один фактор за цикл
Проверка без нагрузки	дефект проявляется только под усилием	сравнивать холостой и рабочий режим
Игнорирование температуры	зазоры меняются после прогрева	фиксировать время и температуру
Доверие одному прибору	ошибка метода выглядит как дефект	повторять независимым способом

4. Измерения и дефектация деталей

4.1. Подготовка измерения

Очистить деталь без снятия металла и без округления кромок.

Выдержать деталь и средство измерения при близкой температуре.

Проверить нуль и повторяемость прибора на мере или эталоне.

Выбрать базы, совпадающие с функциональными поверхностями детали.

Снять серию показаний в нескольких сечениях и направлениях.

Записать не только результат, но и место, температуру, прибор и ориентацию.

4.2. Карта измерения цилиндрической поверхности

Вал или отверстие измеряют минимум в трёх поперечных сечениях и двух взаимно перпендикулярных направлениях. Разность направлений в одном сечении характеризует овальность; изменение среднего диаметра вдоль оси — конусность. Для ответственной посадки число сечений увеличивают.

Сечение	Направление А, мм	Направление В, мм	Овальность, мм	Примечание
I	—	—	—	у бурта
II	—	—	—	середина посадки
III	—	—	—	у свободного края

Правило решения. Не сравнивайте один случайный диаметр с номиналом. Сначала установите форму поверхности, затем определяйте пригодность посадки.



Фотореконструкция 4.1 — Измерение шейки вала наружным микрометром. Изображение создано специально для настоящего издания

5. Валы, муфты и центровка

Основные параметры взаимного положения валов

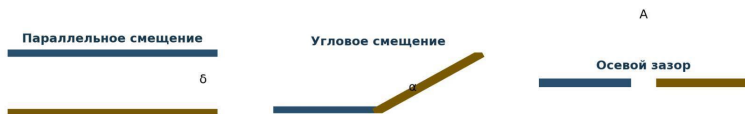


Рисунок 5.1 — Параметры, которые нельзя смешивать при центровке

5.1. Последовательность центровки агрегата

Проверить фундамент, затяжку анкеров и отсутствие трещин в подливке.

Найти мягкую лапу: ослабление каждой опоры не должно заметно менять положение корпуса.

Проверить биение полумуфт и состояние посадок независимо от взаимной центровки.

Установить предварительный осевой зазор по подтверждённым данным изготовителя муфты.

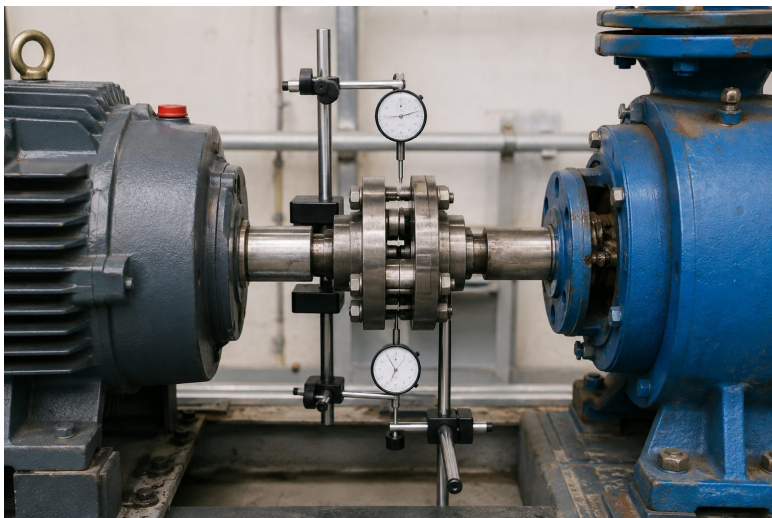
Измерить параллельное и угловое смещение в нескольких угловых положениях.

Перемещать ведомую или назначенную машину расчётными прокладками, не набирая пакет из множества тонких обрезков.

После окончательной затяжки повторить полный круг измерений и сохранить протокол.

5.2. Биение и несоосность — разные дефекты

Радиальное биение поверхности полумуфты может быть вызвано кривизной вала, эксцентриситетом посадки или самой поверхностью. Несоосность относится к взаимному положению осей двух машин. Центровка по дефектной полумуфте переносит её геометрическую ошибку в положение всего агрегата.



Фотореконструкция 5.1 — Индикаторная проверка взаимного положения валов. Монтаж приборов показан как учебный пример

6. Подшипниковые узлы

Зоны осмотра подшипника качения после демонтажа

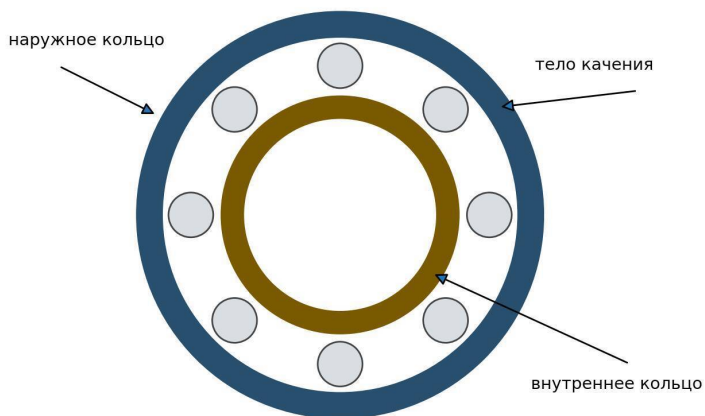


Рисунок 6.1 — Поверхности, которые осматривают раздельно после демонтажа

6.1. Следы и возможные механизмы



Фотореконструкция 6.1 — Загрязнённая дорожка крупного подшипника после демонтажа

След	Возможный механизм	Проверка
Матовая дорожка с равномерными вмятинами	загрязнение твёрдыми частицами	фильтрация, чистота монтажа, уплотнения
Регулярные поперечные полосы	вибрация неподвижного подшипника	условия хранения и резервирования
Смещение дорожки к краю	перекос колец или корпуса	соосность расточек, плечи, затяжка
Потемнение и лаковый налёт	перегрев или окисление смазки	температура, количество и тип смазки
Проворот кольца	недостаточный натяг или потеря посадки	размер и форма посадочной поверхности

6.2. Монтажные принципы

Усилие монтажа передают только через то кольцо, которое садится с натягом.

Нагрев подшипника выполняют контролируемо и равномерно; открытое пламя недопустимо.

Перед монтажом проверяют плечо, фаску, радиус перехода и отсутствие заусенцев.

Количество смазки выбирают по конструкции и скорости; заполнить весь свободный объём — не универсальное правило.

После монтажа контролируют свободное вращение, осевую фиксацию, шум и начальную температуру.

7. Гидравлические системы: логика поиска отказа

Упрощённая гидролиния и контрольные точки давления

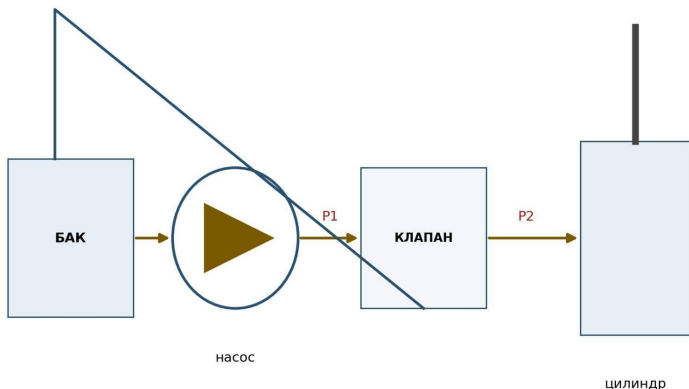


Рисунок 7.1 — Контроль давления до и после регулирующего элемента

В гидросистеме недостаток усилия может возникать из-за нехватки давления, утечки в исполнительном органе, механического сопротивления или недостаточной площади рабочего поршня. Низкая скорость чаще связана с расходом, но при росте нагрузки причиной может оказаться внутренний переток.

7.1. Диагностическая матрица

Симптом	P1	P2	Вероятное направление проверки
Нет движения	низкое	низкое	привод насоса, уровень, всасывание, разгрузка
Нет движения	нормальное	низкое	распределитель, дроссель, перекрытие линии
Медленный ход	нормальное	нормальное	расход, внутренние утечки, механическое трение
Рывки	пульсирует	пульсирует	воздух, кавитация, заедание клапана
Перегрев	повышенное	зависит	дросселирование, постоянный перепуск, вязкость

Измерительная дисциплина. Манометр выбирают по диапазону и динамике процесса, подключают в предусмотренную контрольную точку через исправную арматуру. Запрещено подтягивать соединение под давлением.



Фотореконструкция 7.1 — Упорядоченная раскладка деталей гидрораспределителя. Не является сборочным чертежом конкретной модели

8. Электромеханическая часть: границы первичной проверки

Первичная проверка электропривода начинается с документации цепи, внешнего осмотра, состояния заземления и подтверждения безопасного отключения. Измерение сопротивления изоляции, испытания повышенным напряжением, работа в силовом шкафу и оценка защит выполняются квалифицированным персоналом по действующим правилам предприятия.

Признак	Механические причины	Электрические причины
Двигатель гудит, не разгоняется	заклинивание, чрезмерная нагрузка	пропадание фазы, низкое напряжение, неисправность пуска
Повышенный ток	тугие подшипники, перекос, перегрузка	несимметрия питания, повреждение обмотки
Локальный нагрев	трение вентилятора, дефект опоры	межвитковое повреждение, плохой контакт
Периодическая остановка	заедание механизма	срабатывание защиты, контактная неисправность

9. Решение: ремонтировать, восстанавливать или заменять

Решение принимают не по возрасту детали, а по функции, риску разрушения, возможности контроля и экономике жизненного цикла. Восстановление допустимо, когда понятен механизм повреждения, материал и термообработка известны или проверены, технология не создаёт скрытых дефектов, а результат можно измерить.

Критерий	Ремонт на месте	Восстановление в мастерской	Замена
Геометрия	регулировка возвращает функцию	нужна обработка/наплавка/ тулка	база разрушена или непредсказуема
Контроль	доступен полный контроль	доступны измерения и НК	результат восстановления нельзя подтвердить
Риск	отказ безопасно обнаруживается	есть проверяемый запас	возможен внезапный опасный отказ
Документация	параметры известны	технология оформляется	нет исходных данных для безопасного ремонта

10. Рабочие формы

10.1. Карта первичного обследования

Поле	Запись
Объект, модель, заводской номер	_____
Место и функция в линии	_____
Заявленный симптом	_____
Режим возникновения	_____
Последний известный ремонт	_____
Источники энергии и блокировки	_____
Фото/видео до очистки	№ _____
Ответственный за допуск	_____

10.2. Ведомость дефектов

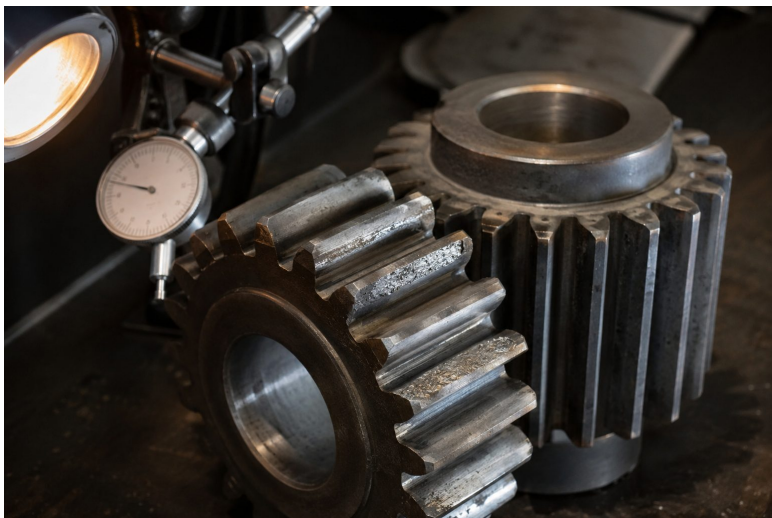
Поз.	Деталь/узел	Дефект и измерение	Критерий	Решение
—	—	— —	—	—
—	—	— —	—	—
—	—	— —	—	—
—	—	— —	—	—

10.3. Протокол контрольного пуска

Этап	Что фиксировать	Результат
До пуска	ограждения, крепёж, смазка, инструменты удалены	_____
Кратковременный пуск	направление, посторонний звук, ток	_____
Холостой ход	температура, вибрация, утечки	_____
Частичная нагрузка	устойчивость, давление/ток, качество	_____
Рабочий режим	параметры через заданные интервалы	_____
После останова	ослабление крепежа, запах, следы нагрева	_____

11. Зубчатые передачи: осмотр, измерение и решение о ремонте

Редуктор редко выходит из строя внезапно и без предис-
тории. Шум, изменение температуры, металлическая пыль
в масле и смещение пятна контакта появляются раньше раз-
рушения зуба. Поэтому вскрытие начинают не с мойки, а
с фиксации уровня масла, отложений, положения регулиро-
вочных прокладок и взаимной ориентации колёс.



Фотореконструкция 11.1 — Питтинг и полировка рабочих поверхностей зубьев

11.1. Классификация наблюдаемых повреждений

Признак	Механизм	Что измерить	Решение
Мелкие раковины в зоне контакта	контактная усталость	площадь и глубину поражения, пятно контакта	наблюдение либо замена по расчёту риска
Задиры вдоль скольжения	разрыв масляной плёнки	шероховатость, вязкость, подачу масла	устранить причину; оценить съём металла
Износ одной кромки	перекос валов или корпусов	соосность расточек, прогиб, осевой люфт	исправить геометрию до замены пары
Пластическая деформация	перегрузка или малая твёрдость	твёрдость, фактический момент, ширину зуба	замена; проверить защиту от перегрузки
Трещина у ножки зуба	изгибная усталость	магнитопорошковый/капиллярный контроль	вывод из эксплуатации

11.2. Пятно контакта

Пятно контакта оценивают на очищенной передаче тонким равномерным слоем контрольной краски при проворачивании без ударов. Слишком толстый слой маскирует реальную зону касания. Интерпретация зависит от типа передачи, направления нагрузки и конструкции опор; универсального процента для всех редукторов не существует.

Зафиксировать осевой разбег валов и положение регулировок.

Нанести минимальный слой краски на несколько зубьев.

Провернуть пару в рабочем направлении с лёгким сопротивлением на ведомом валу.

Сфотографировать отпечаток с масштабом и указанием направления вращения.

Сравнить положение пятна при прямом и обратном вращении.

После регулировки повторить процедуру при неизменной методике.

12. Резьбовые соединения и крепёж старых машин

Крепёж старого оборудования часто неоднороден: метрическая и дюймовая резьба, специальные шаги, шпильки неизвестной прочности, неоднократно подложенные шайбы. Главная ошибка — заменять такой крепёж по внешнему сходству. Сначала определяют систему резьбы, шаг, диаметр, длину свинчивания и функцию соединения.

Дефект	Диагностический признак	Допустимое действие	Недопустимое действие
Вытяжка шпильки	изменённый шаг, шейка, сорванные витки	замена после проверки материала и посадки	правка и повторная установка ответственной шпильки
Разрушение резьбы корпуса	стружка, неполный профиль, люфт	вставка/втулка по разработанной технологии	увеличение болта без проверки стенки
Самоотвинчивание	полировка опорной поверхности, фреттинг	устранение переменной нагрузки и податливости	случайная сварочная прихватка гайки
Коррозионное заедание	вырыв материала при отворачивании	проникающий состав, нагрев по технологии	ударная затяжка до разрушения

12.1. Контролируемая затяжка

Момент на ключе — лишь косвенный способ создать предварительное усилие: значительная часть момента расходуется на трение. Для ответственного соединения учитывают состояние резьбы, смазку, опорную поверхность и упругость пакета. Число из таблицы для нового сухого крепежа нельзя автоматически переносить на старую смазанную шпильку.

13. Уплотнения валов, штоков и разъемов

Утечка — не всегда дефект одного уплотнительного элемента. Манжета быстро выйдет из строя снова, если вал имеет канавку, поверхность направленно обработана, корпус перекосен, сапун забит или давление превышает расчётное. Ремонт начинают с маршрута жидкости, а не с покупки новой манжеты.

Тип узла	Что осматривать	Типичные сопутствующие причины
Радиальная манжета	кромку, пружину, дорожку на валу, посадку корпуса	давление в картере, биение, шероховатость
Сальниковая набивка	кольца, стык, втулку, охлаждение	перетяжка, сухой ход, неверный материал
Торцевое уплотнение	пары трения, пружины, вторичные кольца	сухой пуск, кавитация, перекос
Плоский разъем	плоскостность, остатки прокладки, крепёж	коробление, неравномерная затяжка
Шток гидроцилиндра	хром, риски, направляющую, грязесъёмник	боковая нагрузка, загрязнение масла

13.1. Восстановление дорожки под манжету

Выбор между шлифованием, ремонтной втулкой, напылением и изготовлением нового вала определяется глубиной повреждения, диаметром, скоростью, температурой и возможностью сохранить посадки. Любой способ должен оставить плавные переходы и поверхность без направленного винтового следа, способного перекачивать масло.

14. Системы смазки и анализ загрязнений

Смазка является частью конструкции, а не расходным материалом без свойств. При неизвестной жидкости фиксируют цвет, запах, водоотделение, осадок, вязкостное поведение и место отбора пробы. Долив несовместимого масла способен создать осадок даже тогда, когда каждое масло по отдельности пригодно.

Наблюдение	Вероятная причина	Проверка
Молочная эмульсия	вода в масле	отстой, герметичность охладителя, дыхание корпуса
Пена	подсос воздуха, неправильный уровень, несовместимость	всасывание, возврат ниже уровня, проба смешения
Чёрный лак	окисление и перегрев	температура, срок службы, горячие зоны
Блестящие частицы	активный износ	магнитная проба, фильтр, спектральный анализ
Густой осадок	смешение или длительное старение	история доливов, лабораторная совместимость

14.1. Отбор представительной пробы

Отбирать масло из рабочей зоны после перемешивания, но безопасно и без захвата донного осадка, если он не является предметом исследования.

Промыть пробоотборную линию достаточным объёмом.

Использовать чистую совместимую тару и не касаться внутренней поверхности крышки.

Записать температуру, наработку масла, режим машины и точку отбора.

Отдельно сохранить образец свежего масла той же партии для сравнения.

15. Центробежные насосы: расширенная карта ремонта



Фотореконструкция 15.1 — Открытый центробежный насос; изображение объясняет расположение узлов, но не задаёт размеров

15.1. Разборка с сохранением диагностических следов

Зафиксировать положение корпуса, крышек, опор и регулировочных прокладок.

Измерить осевой разбег и свободное вращение до снятия муфты.

Отметить взаимное положение рабочего колеса и вала.

Осмотреть вход рабочего колеса до очистки: кавитационные раковины отличаются от абразивного износа распределением.

Проверить защитные втулки и кольца корпуса в нескольких направлениях.

Составить размерную цепь осевых зазоров до выбора толщины прокладок.

15.2. Симптомы насоса

Симптом	Гидравлическая причина	Механическая причина	Проверка
Нет подачи	не заполнен, закрыта линия, неверное вращение	муфта не передаёт момент	давление всасывания/нагнетания, вращение
Малая подача	подсос, засор, износ колеса	низкая скорость, проскальзывание	расход, частота, вакуум, ток
Кавитационный шум	недостаточный подпор, горячая жидкость	—	давление на входе, температура, сопротивление
Вибрация	неравномерный поток	дисбаланс, центровка, опоры	спектр, фаза, режимная зависимость
Течь по валу	неверная промывка уплотнения	биение, износ втулки	давление камеры, биение, состояние поверхности

16. Восстановление валов и отверстий

Восстановление возвращает функцию только тогда, когда сохраняет прочность, геометрию и совместимость поверхностей. Наплавка способна вызвать изгиб и изменить структуру; металлизация требует подготовленного профиля и не всегда переносит удар; втулка ослабляет корпус, если стенка недостаточна. Поэтому технология начинается с карты нагрузок и материала детали.

Способ	Преимущество	Ограничение	Обязательный контроль
Ремонтная втулка	малый тепловой ввод, сменная поверхность	нужна стенка и надёжная фиксация	натяг, биение, торцы
Наплавка	восстановление большого слоя	деформация, трещины, изменение структуры	материал, НК, правка, твёрдость
Газотермическое напыление	небольшой нагрев основы	ограниченная ударная стойкость	адгезия, пористость, толщина
Гальваническое покрытие	точный небольшой припуск	экология, ограничение толщины и усталости	толщина, сцепление, шлифование
Расточка под ремонтный размер	простая проверяемая геометрия	нужна сопряжённая деталь нового размера	соосность, цилиндричность

16.1. Карта технологического решения

Определить функцию поверхности и вид нагрузки.

Установить материал, твёрдость и наличие термообработанного слоя.

Измерить минимальное оставшееся сечение и геометрическую ошибку.

Исключить трещины подходящим методом неразрушающего контроля.

Выбрать технологию с учётом последующей механической обработки.

Назначить припуск, базы и промежуточный контроль.

Проверить итоговую геометрию, твёрдость и качество поверхности.

17. Шабрение и восстановление направляющих

Шабрение — не декоративный рисунок и не способ скрыть изношенную плоскость. Оно создаёт управляемую геометрию и микрорельеф после проверки баз. Начинать шабрение отдельной поверхности без анализа всей размерной цепи опасно: можно улучшить локальный контакт и одновременно увести ось шпинделя или нарушить взаимную перпендикулярность перемещений.

17.1. Последовательность геометрического восстановления

Составить схему баз и требований взаимного положения.

Измерить износ без опоры на изношенную поверхность.

Определить, какие поверхности сохраняются как исходные базы.

Выбрать сочетание строгания, шлифования, полимерной компенсации и шабрения.

Контролировать прямолинейность, параллельность и скручивание на каждом этапе.

После сборки проверить геометрию перемещений под собственным весом узлов.

Провести пробную обработку и связать погрешность детали с геометрией машины.

Критическое ограничение. Количество пятен контакта само по себе не доказывает правильность направляющей. Необходимы геометрические измерения на всей длине и проверка взаимного положения осей.

18. Испытания после ремонта

Приёмка начинается не с максимальной нагрузки. Сначала подтверждают сборку, направление движения, работу смазки и защит; затем ступенчато увеличивают скорость и нагрузку. Для каждого этапа задают условие остановки: рост температуры, утечку, ненормальный ток, ударный шум или потерю давления.

Степень	Режим	Контроль	Критерий перехода
0	ручное проворачивание	заедание, полный ход, ограждения	свободное движение
1	краткий толчковый пуск	направление, удар, ток	нет опасного признака
2	холостой ход	температура, шум, вибрация, смазка	стабилизация параметров
3	25-50 % нагрузки	ток/давление, утечки, качество	устойчивая работа
4	номинальный режим	полный набор параметров	соответствие утверждённым критериям
5	контроль после останова	крепёж, следы касания, масло	нет развивающегося дефекта

18.1. Что делает ремонт доказанным

Исходный симптом описан и измерен до разборки.

Причина подтверждена следами, измерением или контрольным воздействием.

Все изменённые размеры и регулировки записаны.

Критические детали имеют прослеживаемое решение о пригодности.

Результат проверен в режимах, где ранее проявлялся отказ.

Сохранены фотографии, протоколы и перечень применённых материалов.

19. Авторские права и происхождение материалов

Текст, таблицы, функциональные схемы, диагностические карты и компоновка настоящего издания созданы заново для книги Владимира Александровича Павлова. Фотографические реконструкции созданы специально для издания и обозначены в подписях. Они иллюстрируют общий принцип и не заменяют документацию конкретной модели.

Редкие заводские руководства могут использоваться только как источник проверяемых фактов в пределах, допускаемых законом: без воспроизведения защищённых страниц, фотографий и чертежей. На их основе допускается создавать собственное объяснение, самостоятельную функциональную схему и сводную таблицу фактов с указанием происхождения сведений. Для публикации оригинального архивного изображения требуется общественное достояние, свободная лицензия либо письменное разрешение правообладателя.

Правообладатель рукописи. Автор — Владимир Александрович Павлов. Все права на авторский текст, структуру, оригинальные таблицы и схемы сохраняются за автором, включая публикацию под выбранным им псевдонимом.

Атлас диагностических карт

Карты предназначены для первичной локализации отказа. Они не подменяют расчёт, паспорт машины и требования безопасности, а задают последовательность наблюдений и измерений.

ДК-01. Машина не запускается

Шаг	Действие	Ключевое замечание
1	Зафиксировать положение органов управления и показания защиты	Не выполнять повторные пуски до осмотра
2	Проверить разрешающие блокировки и аварийные цепи	Только квалифицированным персоналом
3	Разделить электрическую и механическую причины	Проверить свободное движение при безопасной изоляции
4	Сопоставить ток, звук и движение в момент команды	Записать длительность и режим
5	Подтвердить найденную причину одним контролируемым изменением	Исключить случайное совпадение

Запись измерений

Параметр/точка	До вмешательства	После вмешательства	Условие
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____

Критерий завершения. Причина считается подтверждённой только после воспроизводимого изменения симптома и успешной проверки в требуемом режиме.

ДК-02. Повышенная вибрация

Шаг	Действие	Ключевое замечание
1	Определить направление, точку и режим появления	Осевое, вертикальное, горизонтальное
2	Проверить крепление, мягкую лапу и трубные напряжения	До балансировки
3	Сравнить вибрацию на опорах двигателя и машины	Искать передачу через фундамент
4	Проверить центровку и биение полумуфт	Разделить несоосность и эксцентриситет
5	Связать частоту вибрации с частотой вращения	Для решения нужен спектр и фаза

Запись измерений

Параметр/точка	До вмешательства	После вмешательства	Условие
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____

Критерий завершения. Причина считается подтверждённой только после воспроизводимого изменения симптома и успешной проверки в требуемом режиме.

ДК-03. Перегрев подшипникового узла

Шаг	Действие	Ключевое замечание
1	Проверить действительность измерения температуры	Одна и та же точка и прибор
2	Установить скорость нагрева после пуска	График важнее единичного числа
3	Проверить количество и состояние смазки	Избыток также вызывает нагрев
4	Проверить посадку, зазор и осевую фиксацию	Учитывать тепловое расширение
5	Проверить центровку и внешние нагрузки	Особенно трубопроводы и ремни

Запись измерений

Параметр/точка	До вмешательства	После вмешательства	Условие
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____

Критерий завершения. Причина считается подтверждённой только после воспроизводимого изменения симптома и успешной проверки в требуемом режиме.

ДК-04. Редуктор шумит

Шаг	Действие	Ключевое замечание
1	Записать зависимость шума от нагрузки и направления	Сравнить разгон и выбег
2	Осмотреть масло и магнитные пробки	Не терять частицы при очистке
3	Проверить люфт, осевой разбег и биение валов	До вскрытия корпуса
4	Оценить пятно контакта и кромочный контакт	Тонкий слой краски
5	Проверить опоры и жёсткость корпуса	Шум зубьев может быть следствием перекоса

Запись измерений

Параметр/точка	До вмешательства	После вмешательства	Условие
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____

Критерий завершения. Причина считается подтверждённой только после воспроизводимого изменения симптома и успешной проверки в требуемом режиме.

ДК-05. Насос не развивает давление

Шаг	Действие	Ключевое замечание
1	Проверить направление и частоту вращения	Не полагаться на направление вентилятора
2	Подтвердить заполнение и состояние всасывания	Уровень, фильтр, подсос воздуха
3	Измерить давление до и после регулирующего элемента	Разделить насос и систему
4	Проверить внутренний переток и износ	С учётом температуры масла
5	Сопоставить давление с расходом и током двигателя	Одно давление не описывает режим

Запись измерений

Параметр/точка	До вмешательства	После вмешательства	Условие
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____

Критерий завершения. Причина считается подтверждённой только после воспроизводимого изменения симптома и успешной проверки в требуемом режиме.

ДК-06. Гидроцилиндр ползёт или останавливается

Шаг	Действие	Ключевое замечание
1	Исключить механическое заедание и боковую нагрузку	Проверить крепление и направляющие
2	Измерить давление в обеих полостях	На том же режиме
3	Проверить распределитель на внутреннюю утечку	Не менять сразу уплотнения цилиндра
4	Провести безопасную проверку удержания	С механической страховкой груза
5	Оценить нагрев и загрязнение жидкости	Утечка растёт с температурой

Запись измерений

Параметр/точка	До вмешательства	После вмешательства	Условие
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____

Критерий завершения. Причина считается подтверждённой только после воспроизводимого изменения симптома и успешной проверки в требуемом режиме.

ДК-07. Утечка по валу

Шаг	Действие	Ключевое замечание
1	Очистить и установить точную точку выхода жидкости	Не путать с потёком сверху
2	Проверить сапун и давление корпуса	Манжета может быть исправной
3	Измерить биение и поверхность дорожки	Искать канавку и винтовой след
4	Проверить ориентацию и посадку уплотнения	Не повреждена ли кромка при монтаже
5	После ремонта проверить в прогретом режиме	Холодная проверка недостаточна

Запись измерений

Параметр/точка	До вмешательства	После вмешательства	Условие
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____

Критерий завершения. Причина считается подтверждённой только после воспроизводимого изменения симптома и успешной проверки в требуемом режиме.

ДК-08. Двигатель перегружен по току

Шаг	Действие	Ключевое замечание
1	Сравнить токи фаз и напряжения	Электрические работы — по допуску
2	Проверить фактическую нагрузку машины	Давление, подачу, глубину резания
3	Разъединить агрегат и проверить механическое сопротивление	При безопасной изоляции
4	Проверить подшипники, центровку и вентиляцию	Не ограничиваться обмоткой
5	Сопоставить ток с паспортным режимом и температурой	Учитывать длительность нагрузки

Запись измерений

Параметр/точка	До вмешательства	После вмешательства	Условие
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____

Критерий завершения. Причина считается подтверждённой только после воспроизводимого изменения симптома и успешной проверки в требуемом режиме.

ДК-09. После ремонта дефект вернулся

Шаг	Действие	Ключевое замечание
1	Сравнить новый симптом с исходным протоколом	Не полагаться на память
2	Проверить, была ли устранена причина, а не следствие	Например, манжета без устранения биения
3	Проверить изменённые размеры и регулировки	По фактическим записям
4	Оценить чистоту сборки и совместимость материалов	Смазки, уплотнения, покрытия
5	Повторить испытание в исходном режиме отказа	С теми же измерительными точками

Запись измерений

Параметр/точка	До вмешательства	После вмешательства	Условие
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____

Критерий завершения. Причина считается подтверждённой только после воспроизводимого изменения симптома и успешной проверки в требуемом режиме.

Приложение А. Как наполнять модельные главы

Каждая глава о конкретной машине будет строиться по одному шаблону, чтобы читатель мог быстро перейти от устройства к ремонту.

Идентификация модификаций и отличительных признаков.

Функциональная и кинематическая схемы, перечень контрольных точек.

Таблица штатных параметров с указанием источника и редакции документа.

Диагностические карты по наблюдаемым симптомам.

Последовательность разборки с фотографиями и предупреждениями.

Карты измерений деталей, посадок и взаимного положения.

Варианты восстановления с ограничениями применимости.

Сборка, регулировка, контрольный пуск и приёмочные критерии.

Перечень совместимых замен только после размерной и функциональной проверки.

Приложение Б.

Реестр иллюстраций

Тип	Обязательное содержание	Маркировка
Фотография общего вида	все стороны, органы управления, шильдик отдельно	ФОТО
Фотография дефекта	масштаб, направление, место на узле	ДЕФЕКТ
Функциональная схема	потoki энергии, материала и сигналов	ФС
Кинематическая схема	валы, передачи, направления, числа зубьев	КС
Измерительная схема	базы, точки, прибор, направление	ИС
Разрез узла	детали, уплотнения, каналы, посадки	РЗ
Монтажная последовательность	положение деталей и инструмента по шагам	МП

Статус издания. Расширенный первый том объединяет универсальные методики и модельно-независимые ремонтные досье. Конкретные заводские допуски следует вносить только после проверки по паспорту, чертежу, расчёту или достоверному архивному источнику.

20. Токарные станки: устройство и границы системы

Ремонт токарные станки начинается с функциональной границы. Полезный процесс — вращение заготовки и согласованная подача резца. До разборки инженер должен связать входную энергию, передающие узлы, рабочий орган и измеряемый результат. Перечень ниже служит картой обследования; фактическое исполнение уточняют по конкретной машине.

Объект	Что проверять	Запись/решение
электродвигатель	идентифицировать исполнение, крепление и связь с соседним узлом	марка/состояние/фото № ____
коробка скоростей	идентифицировать исполнение, крепление и связь с соседним узлом	марка/состояние/фото № ____
шпиндель	идентифицировать исполнение, крепление и связь с соседним узлом	марка/состояние/фото № ____
суппорт	идентифицировать исполнение, крепление и связь с соседним узлом	марка/состояние/фото № ____
фартук	идентифицировать исполнение, крепление и связь с соседним узлом	марка/состояние/фото № ____

Главный принцип. Для токарные станки нельзя назначать ремонт по одному шуму или внешнему износу: сначала доказывают, на каком участке нарушается процесс «вращение заготовки и согласованная подача резца».

20.1. Токарные станки: карта симптомов

Симптом формулируют через режим, время появления и измеряемое отклонение. Таблица задаёт первые ветви поиска, но не назначает замену детали без подтверждения.

Симптом	Первое разделение причин	Доказательство
конусность детали	сравнить вход и выход узлов: электродвигатель	измерение до вмешательства
дробление поверхности	сравнить вход и выход узлов: коробка скоростей	измерение до вмешательства
нагрев шпинделя	сравнить вход и выход узлов: шпиндель	измерение до вмешательства
самопроизвольная подача	сравнить вход и выход узлов: суппорт	измерение до вмешательства

Повторяемость проверяют в безопасном режиме. Если симптом зависит от прогрева, нагрузки или направления движения, это условие сохраняют во всех сравнительных испытаниях.

20.2. Токарные станки: осмотр до разборки

До очистки фиксируют потёки, дорожки пыли, выброс смазки, положение регулировок и следы взаимного перемещения. Особое внимание уделяют опасностям: захват вращающейся деталью; выброс патрона; стружка; самопуск. Изоляция всех источников энергии предшествует прикосновению к узлам.

Объект	Что проверять	Запись/решение
электродвигатель	фото общего вида, крепёж, следы нагрева и перемещения	не очищать до фиксации
коробка скоростей	фото общего вида, крепёж, следы нагрева и перемещения	не очищать до фиксации
шпиндель	фото общего вида, крепёж, следы нагрева и перемещения	не очищать до фиксации
суппорт	фото общего вида, крепёж, следы нагрева и перемещения	не очищать до фиксации
фартук	фото общего вида, крепёж, следы нагрева и перемещения	не очищать до фиксации

Составить схему источников и накопителей энергии.
Записать исходный симптом словами оператора и изме-

рениями.

Снять общий вид и крупные планы контрольных точек.

Промаркировать трубки, провода, прокладки и взаимное положение деталей.

Только после этого очистить наружные поверхности и начать разборку.

20.3. Токарные станки: карта измерений и дефектации

Размер признаётся пригодным только вместе с базой, направлением, температурой и методом измерения. Заводской допуск вносится в карту после проверки источника; неизвестное значение не заменяют «типовым».

Параметр	Метод и база	Результат
биение шпинделя	прибор/база: _____	факт ____; допуск по источнику ____
прямолинейность направляющих	прибор/база: _____	факт ____; допуск по источнику ____
осевой разбег	прибор/база: _____	факт ____; допуск по источнику ____
люфт винта	прибор/база: _____	факт ____; допуск по источнику ____

Средство измерения	Идентификатор	Проверка нуля	Температура
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____

20.4. Токарные станки: способы восстановления

Способ восстановления выбирают после определения материала, характера нагрузки, глубины повреждения и возможности итогового контроля. Технология, которую невозможно проверить измерением или неразрушающим контролем, не подходит для ответственной детали.

Вариант	Ограничения	Документирование
шлифование шеек	проверить влияние на прочность, геометрию и смежные посадки	технологическая карта № ____
восстановление направляющих	проверить влияние на прочность, геометрию и смежные посадки	технологическая карта № ____
замена гаек	проверить влияние на прочность, геометрию и смежные посадки	технологическая карта № ____
регулировка опор	проверить влияние на прочность, геометрию и смежные посадки	технологическая карта № ____

Запрет подмены. Косметическое устранение следа не является ремонтом, если причина перегрузки, перекоса, загрязнения или недостатка смазки сохранилась.

20.5. Токарные станки: сборка и регулировка

Сборка ведётся от функциональных баз. Посадки очищают и измеряют, крепёж затягивают контролируемо, а регулировки выполняют последовательно — один параметр за цикл. Все закрываемые полости фотографируют перед установкой крышки.

Объект	Что проверять	Запись/решение
коробка скоростей	чистота; посадка; смазка; фиксация; свободное движение	принято/исправить
шпиндель	чистота; посадка; смазка; фиксация; свободное движение	принято/исправить
суппорт	чистота; посадка; смазка; фиксация; свободное движение	принято/исправить
фартук	чистота; посадка; смазка; фиксация; свободное движение	принято/исправить
задняя бабка	чистота; посадка; смазка; фиксация; свободное движение	принято/исправить

Сверить комплектность по ведомости и маркировке.
Проверить базы, фаски, каналы и отверстия до монтажа.
Установить детали без передачи усилия через тела каче-

ния и тонкие элементы.

Назначить исходную регулировку по проверенным данным.

После затяжки повторить геометрические измерения.

Проверить механизм вручную на полный цикл, если конструкция это допускает.

20.6. Токарные станки: контрольный пуск и испытания

Испытания подтверждают восстановление процесса: вращение заготовки и согласованная подача резца. Нагрузку повышают ступенчато, заранее назначая критерии немедленной остановки. Параметры записывают через равные интервалы до стабилизации.

Объект	Что проверять	Запись/решение
Подготовка	ограждения, смазка, крепёж, направление	допуск подписан
Краткий пуск	удар, направление, ток или давление	останов/переход
Холостой ход	температура, шум, вибрация, утечки	график параметров
Частичная нагрузка	устойчивость процесса и качество	сравнение с исходным
Рабочий режим	полный набор приёмочных параметров	заключение

Критерий приёмки. Машина считается принятой не потому, что она включилась, а потому, что исходный симптом не воспроизводится и все назначенные параметры устойчивы в требуемом режиме.

20.7. Токарные станки: ремонтный паспорт

Ремонтный паспорт сохраняет причинно-следственную связь между отказом, измерением, выполненной операцией и результатом. Он позволяет следующему инженеру не начинать расследование заново.

Объект	Что проверять	Запись/решение
Идентификация	модель, номер, год, модификация	_____
Исходный отказ	симптом, режим, дата	_____
Причина	подтверждающее измерение или след	_____
Работы	детали, материалы, регулировки	_____
Испытания	режим, параметры, длительность	_____
Остаточные ограничения	ресурс, наблюдение, следующий контроль	_____

Особые опасности для записи в наряде: захват вращающейся деталью; выброс патрона; стружка; самопуск.

21. Фрезерные станки: устройство и границы системы

Ремонт фрезерные станки начинается с функциональной границы. Полезный процесс — вращение фрезы и управляемое перемещение стола. До разборки инженер должен связать входную энергию, передающие узлы, рабочий орган и измеряемый результат. Перечень ниже служит картой обследования; фактическое исполнение уточняют по конкретной машине.

Объект	Что проверять	Запись/решение
привод	идентифицировать исполнение, крепление и связь с соседним узлом	марка/состояние/фото № ____
коробка скоростей	идентифицировать исполнение, крепление и связь с соседним узлом	марка/состояние/фото № ____
шпиндель	идентифицировать исполнение, крепление и связь с соседним узлом	марка/состояние/фото № ____
консоль	идентифицировать исполнение, крепление и связь с соседним узлом	марка/состояние/фото № ____
стол	идентифицировать исполнение, крепление и связь с соседним узлом	марка/состояние/фото № ____

Главный принцип. Для фрезерные станки нельзя назначать ремонт по одному шуму или внешнему износу: сначала доказывают, на каком участке нарушается процесс «вращение фрезы и управляемое перемещение стола».

21.1. Фрезерные станки: карта симптомов

Симптом формулируют через режим, время появления и измеряемое отклонение. Таблица задаёт первые ветви поиска, но не назначает замену детали без подтверждения.

Симптом	Первое разделение причин	Доказательство
волнистость	сравнить вход и выход узлов: привод	измерение до вмешательства
уступ при встречных проходах	сравнить вход и выход узлов: коробка скоростей	измерение до вмешательства
вибрация	сравнить вход и выход узлов: шпиндель	измерение до вмешательства
потеря подачи	сравнить вход и выход узлов: консоль	измерение до вмешательства

Повторяемость проверяют в безопасном режиме. Если симптом зависит от прогрева, нагрузки или направления движения, это условие сохраняют во всех сравнительных испытаниях.

21.2. Фрезерные станки: осмотр до разборки

До очистки фиксируют потёки, дорожки пыли, выброс смазки, положение регулировок и следы взаимного перемещения. Особое внимание уделяют опасностям: выброс инструмента; затягивание детали; стружка; падение консоли. Изоляция всех источников энергии предшествует прикосновению к узлам.

Объект	Что проверять	Запись/решение
привод	фото общего вида, крепёж, следы нагрева и перемещения	не очищать до фиксации
коробка скоростей	фото общего вида, крепёж, следы нагрева и перемещения	не очищать до фиксации
шпиндель	фото общего вида, крепёж, следы нагрева и перемещения	не очищать до фиксации
консоль	фото общего вида, крепёж, следы нагрева и перемещения	не очищать до фиксации
стол	фото общего вида, крепёж, следы нагрева и перемещения	не очищать до фиксации

Составить схему источников и накопителей энергии.
Записать исходный симптом словами оператора и изме-

рениями.

Снять общий вид и крупные планы контрольных точек.

Промаркировать трубки, провода, прокладки и взаимное положение деталей.

Только после этого очистить наружные поверхности и начать разборку.

21.3. Фрезерные станки: карта измерений и дефектации

Размер признаётся пригодным только вместе с базой, направлением, температурой и методом измерения. Заводской допуск вносится в карту после проверки источника; неизвестное значение не заменяют «типовым».

Параметр	Метод и база	Результат
биение конуса	прибор/база: _____	факт ____; допуск по источнику ____
перпендикулярность осей	прибор/база: _____	факт ____; допуск по источнику ____
люфт винтов	прибор/база: _____	факт ____; допуск по источнику ____
подъём стола	прибор/база: _____	факт ____; допуск по источнику ____

Средство измерения	Идентификатор	Проверка нуля	Температура
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____

21.4. Фрезерные станки: способы восстановления

Способ восстановления выбирают после определения материала, характера нагрузки, глубины повреждения и возможности итогового контроля. Технология, которую невозможно проверить измерением или неразрушающим контролем, не подходит для ответственной детали.

Вариант	Ограничения	Документирование
восстановление конуса	проверить влияние на прочность, геометрию и смежные посадки	технологическая карта № ____
шабрение	проверить влияние на прочность, геометрию и смежные посадки	технологическая карта № ____
замена винтовой пары	проверить влияние на прочность, геометрию и смежные посадки	технологическая карта № ____
ремонт муфт	проверить влияние на прочность, геометрию и смежные посадки	технологическая карта № ____

Запрет подмены. Косметическое устранение следа не является ремонтом, если причина перегрузки, перекоса, загрязнения или недостатка смазки сохранилась.

21.5. Фрезерные станки: сборка и регулировка

Сборка ведётся от функциональных баз. Посадки очищают и измеряют, крепёж затягивают контролируемо, а регулировки выполняют последовательно — один параметр за цикл. Все закрываемые полости фотографируют перед установкой крышки.

Объект	Что проверять	Запись/решение
коробка скоростей	чистота; посадка; смазка; фиксация; свободное движение	принято/исправить
шпиндель	чистота; посадка; смазка; фиксация; свободное движение	принято/исправить
консоль	чистота; посадка; смазка; фиксация; свободное движение	принято/исправить
стол	чистота; посадка; смазка; фиксация; свободное движение	принято/исправить
механизмы подачи	чистота; посадка; смазка; фиксация; свободное движение	принято/исправить

Сверить комплектность по ведомости и маркировке.
Проверить базы, фаски, каналы и отверстия до монтажа.
Установить детали без передачи усилия через тела каче-

ния и тонкие элементы.

Назначить исходную регулировку по проверенным данным.

После затяжки повторить геометрические измерения.

Проверить механизм вручную на полный цикл, если конструкция это допускает.

21.6. Фрезерные станки: контрольный пуск и испытания

Испытания подтверждают восстановление процесса: вращение фрезы и управляемое перемещение стола. Нагрузку повышают ступенчато, заранее назначая критерии немедленной остановки. Параметры записывают через равные интервалы до стабилизации.

Объект	Что проверять	Запись/решение
Подготовка	ограждения, смазка, крепёж, направление	допуск подписан
Краткий пуск	удар, направление, ток или давление	останов/переход
Холостой ход	температура, шум, вибрация, утечки	график параметров
Частичная нагрузка	устойчивость процесса и качество	сравнение с исходным
Рабочий режим	полный набор приёмочных параметров	заключение

Критерий приёмки. Машина считается принятой не потому, что она включилась, а потому, что исходный симптом не воспроизводится и все назначенные параметры устойчивы в требуемом режиме.

21.7. Фрезерные станки: ремонтный паспорт

Ремонтный паспорт сохраняет причинно-следственную связь между отказом, измерением, выполненной операцией и результатом. Он позволяет следующему инженеру не начинать расследование заново.

Объект	Что проверять	Запись/решение
Идентификация	модель, номер, год, модификация	_____
Исходный отказ	симптом, режим, дата	_____
Причина	подтверждающее измерение или след	_____
Работы	детали, материалы, регулировки	_____
Испытания	режим, параметры, длительность	_____
Остаточные ограничения	ресурс, наблюдение, следующий контроль	_____

Особые опасности для записи в наряде: выброс инструмента; затягивание детали; стружка; падение консоли.

22. Сверлильные и расточные станки: устройство и границы системы

Ремонт сверлильных и расточных станков начинается с функциональной границы. Полезный процесс — осевое движение инструмента с сохранением положения оси. До разборки инженер должен связать входную энергию, передающие узлы, рабочий орган и измеряемый результат. Перечень ниже служит картой обследования; фактическое исполнение уточняют по конкретной машине.

Объект	Что проверять	Запись/решение
привод	идентифицировать исполнение, крепление и связь с соседним узлом	марка/состояние/фото № ____
шпиндельная бабка	идентифицировать исполнение, крепление и связь с соседним узлом	марка/состояние/фото № ____
пиноль	идентифицировать исполнение, крепление и связь с соседним узлом	марка/состояние/фото № ____
стол	идентифицировать исполнение, крепление и связь с соседним узлом	марка/состояние/фото № ____
механизм подачи	идентифицировать исполнение, крепление и связь с соседним узлом	марка/состояние/фото № ____

Главный принцип. Для сверлильных и расточных станков нельзя назначать ремонт по одному шуму или внешнему износу: сначала доказывают, на каком участке нарушается процесс «осевое движение инструмента с сохранением положения оси».

22.1. Сверлильные и расточные станки: карта симптомов

Симптом формулируют через режим, время появления и измеряемое отклонение. Таблица задаёт первые ветви поиска, но не назначает замену детали без подтверждения.

Симптом	Первое разделение причин	Доказательство
увод отверстия	сравнить вход и выход узлов: привод	измерение до вмешательства
биение	сравнить вход и выход узлов: шпиндельная бабка	измерение до вмешательства
заклинивание пиноли	сравнить вход и выход узлов: пиноль	измерение до вмешательства
срыв подачи	сравнить вход и выход узлов: стол	измерение до вмешательства

Повторяемость проверяют в безопасном режиме. Если симптом зависит от прогрева, нагрузки или направления движения, это условие сохраняют во всех сравнительных испытаниях.

22.2. Сверлильные и расточные станки: осмотр до разборки

До очистки фиксируют потёки, дорожки пыли, выброс смазки, положение регулировок и следы взаимного перемещения. Особое внимание уделяют опасностям: захват одежды; проворот детали; поломка инструмента; падение головки. Изоляция всех источников энергии предшествует прикосновению к узлам.

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.