

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
Белорусский национальный технический университет

Кафедра «Техническая эксплуатация автомобилей»

СПЕЦВОПРОСЫ РЕМОНТА АВТОМОБИЛЕЙ

Учебно-методическое пособие
для студентов специальностей
1-37 01 06 «Техническая эксплуатация автомобилей
(по направлению)» и 1-37 01 07 «Автосервис»

Минск
БНТУ
2020

УДК 629.113.002(075.8)

ББК 39.33-08

С71

А в т о р ы:

В. С. Ивашко, К. В. Буйкус, В. А. Лойко, В. С. Смольская

Р е ц е н з е н т ы:

заместитель академика-секретаря отделения
физико-технических наук НАН Беларуси,
д-р техн. наук, профессор *М. Л. Хейфец*;
зав. кафедрой *В. Е. Тарасенко*

С71 Спецвопросы ремонта автомобилей : учебно-методическое пособие для студентов специальностей 1-37 01 06 «Техническая эксплуатация автомобилей (по направлению)» и 1-37 01 07 «Автосервис» / В. С. Ивашко [и др.]. – Минск: БНТУ, 2020. – 120 с.

ISBN 978-985-583-126-7.

В учебно-методическом пособии приведен порядок выполнения курсового проекта по дисциплине «Спецвопросы ремонта автомобилей».

Пособие предназначено для студентов специальностей 1-37 01 06«Техническая эксплуатация автомобилей» и 1-37 01 07«Автосервис».

УДК 629.113.002(075.8)

ББК 39.33-08

ISBN 978-985-583-126-7

© Белорусский национальный
технический университет, 2020

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1. ОБОСНОВАНИЕ МОЩНОСТИ АВТОРЕМОНТНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ	6
1.1. Определение потребности в регламентированных ремонтах автомобилей и капитальных ремонтах их составных частей	6
2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ АВТОРЕМОНТНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ.....	8
2.1. Порядок расчета и исходные данные	8
2.2. Структура предприятия и методы организации технологического процесса ремонта	10
2.3. Обоснование режима работы и расчет годовых фондов времени рабочих, оборудования и рабочих постов	11
2.4. Обоснование годовой производственной программы авторемонтного предприятия.....	13
2.5. Расчет трудоемкости ремонтируемых изделий	18
2.6. Определение годового объема работ	22
2.7. Определение количества работающих на предприятии	33
2.8. Расчет количества оборудования и рабочих постов производственных участков основного производства.....	38
3. РАСЧЕТ ПЛОЩАДЕЙ И ОБОСНОВАНИЕ КОМПОНОВОЧНОГО ПЛАНА ПРОИЗВОДСТВЕННОГО КОРПУСА	41
4. РАЗРАБОТКА И РАСЧЕТ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛИ	47
4.1 Исходные данные	47
4.2 Анализ условий работы детали	47
4.3 Технические условия на контроль-сортировку	53
4.4 Маршрут восстановления детали.....	55
4.5 Выбор технологических баз	55
4.6. Планы операций технологических процессов восстановления детали по маршрутам	56

4.7 Выбор средств технологического оснащения, режущего и измерительного инструмента	57
4.8 Расчет режимов восстановительных операций	58
4.9. Обоснование выбора рационального способа восстановления	74
4.10. Расчёт толщины покрытия.....	78
4.11 Расчет режимов операций механической обработки	79
4.12. Трудоемкость устранения ряда дефектов деталей	93
4.13. Техническое нормирование операций технологического процесса	95
4.14. Оценка приспособленности деталей к восстановлению	109
4.15. Определение затрат на восстановление детали	115
 СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	 119

ВВЕДЕНИЕ

В зависимости от структурной принадлежности, объемов производства, видов ремонтируемых объектов, производственных возможностей и сложности выполняемых работ ремонтное производство существует в виде:

- участков текущего ремонта техники ремонтных предприятий;
- универсальных или специализированных мастерских текущего и капитального ремонта;
- станций технического обслуживания и текущего ремонта;
- технических центров автомобилестроительных заводов по техническому обслуживанию и ремонту своей продукции;
- заводов по капитальному ремонту автомобилей и их агрегатов.

В последнее время в связи с повышением надежности техники капитальный ремонт автомобилей, как правило, не проводят. Согласно ТКП 248-2010 при пробеге автомобиля не более 2/3 от пробега до капитального ремонта проводится регламентированный ремонт независимо от технического состояния автомобиля. Нормативы, регламентирующие ремонт, корректируются с помощью коэффициентов в зависимости от условий эксплуатации, модификации автомобиля и организации его работы, природно-климатических условий, пробега с начала эксплуатации, количества автомобилей, обслуживаемых и ремонтируемых в организации, количества групп автомобилей технологически совместимых и периода их эксплуатации.

Данное учебное пособие предназначено в помощь студентам, выполняющим курсовой проект по комплексной дисциплине «Спецвопросы ремонта автомобилей», которое позволяет закрепить и углубить полученные ранее знания по разработке технологии ремонта составных частей транспортных средств, техническое состояние которых непосредственно влияет на безопасность движения, топливную экономичность и состояние окружающей среды согласно ТКП 248-2010.

В ходе курсового проектирования студенты разрабатывают проект предприятия по ремонту составных частей и агрегатов автомобилей и автобусов, снятых с транспортного средства при регламентированном ремонте, и разрабатывают технологию восстановления одной из базовых или основных деталей агрегата или сборочной единицы с творческим анализом существующих технологических процессов и применением новых инновационных технологий.

1. ОБОСНОВАНИЕ МОЩНОСТИ АВТОРЕМОНТНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

1.1. Определение потребности в регламентированных ремонтах автомобилей и капитальных ремонтах их составных частей

Ремонтом называется комплекс операций по восстановлению исправности, работоспособности или ресурсов изделий.

Ремонтопригодность изделия определяют следующие факторы:

- потребность изделия в ремонте;
- технологичность конструкции изделия при ТО и ремонте;
- требования к исполнителям ремонта.

Потребность изделия в ремонте зависит от его долговечности, безотказности и сохраняемости.

Технологичность конструкции изделия и его отдельных составных частей зависит от:

- контролепригодности, доступности и легкосъемности изделия и его составных частей;
- взаимозаменяемости и восстанавливаемости составных частей изделия;
- унификации составных частей изделия и инструмента, применяемого при ремонте изделия.

Требования к исполнителям ремонта зависят от:

- определенности и ясности обозначений мест выполнения операций ремонта;
- обеспечения одновариантности сборки;
- наличия необходимой маркировки;
- четкости и лаконичности указаний в эксплуатационной и ремонтной документации;
- ограничения требований к профессиональной подготовке и квалификации исполнителей ремонта.

Регламентированный ремонт выполняется на ремонтных предприятиях. Поступающие на ремонт автомобили должны быть на ходу, полностью укомплектованы ЗИП и с исправными АКБ.

При регламентированном ремонте капитальный ремонт не выполняется, поскольку регламентированный является поэтапным методом выполнения капитальных ремонтов.

Ремонт выполняется как капитальный (полная разборка, замена или капитальный ремонт всех агрегатов, приборов, деталей, а также последующая сборка и испытание в соответствии с техническими условиями на капитальный ремонт автомобилей), но необезличенным методом.

Годовое количество регламентированных ремонтов автомобилей или комплектов агрегатов N_{pp} определяют по выражению:

$$N_{pp} = N_a L_r \left(\frac{1}{L_{pp} K'_p} - \frac{1}{L_{ам} K_{ам}} \right), \quad (1.1)$$

где N_a – количество автомобилей в заданном регионе;

L_r – среднегодовой пробег автомобиля, тыс. км;

L_{pp} – пробег автомобиля (агрегата) до регламентированного ремонта (не более 2/3 нормативного ресурса), тыс. км;

K'_p – коэффициент отклонения от норм межремонтного пробега:

$$K'_p = K_{дэ} K_m K_{кл} K_{нр} K_{пд}, \quad (1.2)$$

где $K_{дэ}$ – коэффициент дорожно-эксплуатационных условий;

K_m – коэффициент модификации конструкции автомобиля и организации его работы (табл. 1.1);

$K_{кл}$ – коэффициент природно-климатических условий;

$K_{нр}$ – коэффициент структуры парка (соотношение новых и прошедших регламентированный ремонт автомобилей);

$K_{пд}$ – коэффициент повышения долговечности автомобилей.

Таблица 1.1

Значения коэффициента K_m

Модификация конструкции автомобиля и организация его работы	K_m
Базовый автомобиль	1,0
Седельные тягачи	0,95
Автомобили бортовые с одним прицепом	0,90
Автомобили с двумя прицепами	0,85

Модификация конструкции автомобиля и организация его работы	K_M
Автомобили-самосвалы при работе на плечах свыше 5 км	0,85
Автомобили-самосвалы с одним прицепом или при работе на коротких плечах (до 5 км)	0,80
Автомобили-самосвалы с двумя прицепами	0,75

Значение коэффициента $K_{дэ}$ рассчитывают:

– для автомобилей и агрегатов, кроме двигателя

$$K_{дэ} = l_1 + 0,9l_2 + 0,8l_3 + 0,7l_4 + 0,6l_5, \quad (1.3)$$

– для двигателя

$$K_{дэ} = l_1 + 0,9l_2 + 0,7l_3 + 0,6l_4 + 0,5l_5, \quad (1.4)$$

где l_1, l_2, l_3, l_4, l_5 – удельный вес планируемого годового пробега автомобильного парка соответственно для 1, 2, 3, 4 и 5-й категорий условий эксплуатации.

Коэффициент $K_{кль}$ корректирующий пробег автомобиля до регламентированного ремонта в зависимости от природно-климатического района, для Беларуси составляет $K_{кл} = 1,0$.

Коэффициент $K_{нр}$, учитывающий структуру парка, определяют по формуле:

$$K_{нр} = \frac{A_n L_{рр} + A_{рр} L_{мр}}{100 L_{рр}}, \quad (1.5)$$

где A_n и $A_{рр}$ – удельный вес в структуре парка соответственно новых и прошедших регламентированный ремонт автомобилей, %;

$L_{мр}$ – пробег автомобиля (агрегата) после регламентированного ремонта (принимают $L_{мр} = 0,8L_{рр}$), тыс. км.

Значение коэффициента, учитывающего повышение долговечности автомобилей на ближайшую перспективу, ориентировочно можно принять равным $K_{пд} = 1,02-1,04$.

Норма амортизационного пробега $L_{ам}$, км вычисляется по формуле

$$L_{ам} = 1,8L_{pp}K'_p, \quad (1.6)$$

где $K_{ам}$ – коэффициент отклонения от нормы амортизационного пробега. Принимают $K_{ам} = 1,1-1,4$.

2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ АВТОРЕМОНТНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

2.1. Порядок расчета и исходные данные

Разработка технологической части технического проекта авторемонтных предприятий выполняют в следующем порядке:

1) обоснование назначения предприятия и его годовой программы по всей номенклатуре ремонтируемых изделий или восстанавливаемых деталей;

2) обоснование и установление организационной и производственной структуры предприятия;

3) разработка и краткое описание технологического процесса, в котором приводятся принципиальные технические решения, основные положения по механизации и автоматизации производственных процессов и обосновывается выбор типажа основного технологического оборудования;

4) установление режима работы и расчёт годовых фондов времени рабочих, рабочих постов и оборудования;

5) обоснование и расчёт трудоёмкости ремонтируемых изделий;

6) расчет годового объема работ и программы производственных участков в физических параметрах (по массе или площади поверхностей ремонтируемых изделий);

7) определение состава работающих, их расчет по категориям и составление ведомости работающих;

8) расчет и подбор необходимого количества технологического и подъемно-транспортного оборудования для цехов и участков основного и вспомогательного производства;

9) расчет площадей производственных, складских и административно-бытовых помещений;

10) определение потребности производственных цехов и участков в энергоресурсах;

11) общая компоновка предприятия и принципиальная схема организации производства;

12) разработка схемы генерального плана АРП;

13) укрупненный расчет стоимости предприятия;

14) определение технико-экономических показателей авторемонтного предприятия.

Основными исходными данными для технологического расчета служат:

а) годовая программа в номенклатурном и количественном выражении ремонтируемых объектов;

б) режим работы предприятия;

в) расчетные нормативы (трудоемкость ремонта заданных изделий).

Технологический расчет цехов и участков авторемонтных предприятий выполняется по материалам разработанных технологических процессов.

Технологические процессы разрабатываются укрупненно с указанием только операций и оформляются в виде маршрутных или операционных карт, в которых указываются нормы времени на выполнение операций, применяемое оборудование, приспособления и инструменты.

Нормы времени по отдельным операциям определяются расчетным путем. Необходимый типаж и количество оборудования устанавливаются на стадии разработки технологического процесса.

2.2. Структура предприятия и методы организации технологического процесса ремонта

В состав авторемонтного предприятия входит основное и вспомогательное производство, энергетическое, транспортное и складское хозяйства и заводоуправление.

В зависимости от назначения, мощности и специализации авторемонтного предприятия его производственная структура будет изменяться, при этом отдельные производственные участки могут объединяться или исключаться.

Объединение производственных участков и складов производится с учетом технологической взаимосвязи с соблюдением требований охраны труда и противопожарных норм.

Однако некоторые участки не подлежат объединению в любых случаях. К ним относятся гальванический и малярный участки, испытательная станция.

Работы, выполняемые в технологическом процессе на авторемонтном предприятии, и их содержание представлены в табл. 2.1.

Таблица 2.1

Технологические виды работ авторемонтного предприятия и их содержание

Наименование работы	Содержание работы
Разборочно-мочные	Диагностирование агрегатов, наружная очистка составных частей, разборка их на агрегаты, под разборка, очистка разобранных агрегатов, разборка агрегатов на сборочные единицы, очистка сборочных единиц, разборка сборочных единиц, очистка деталей
Дефектация и комплектация	Определение технического состояния и сортировка деталей
Восстановления деталей	Сварочные, наплавочные, нанесение электрохимических покрытий, переработка резины и пластмасс, механические, слесарные, кузнечные, термические, пресовые, восстановление отдельных деталей (корпусных, валов и др.) или их групп
Медницкие	Ремонт водяных и масляных радиаторов, топливных баков, масляных фильтров, трубопроводов, упорных шайб, втулок и др.
Термические	Термическая и химико-термическая обработка заготовок
Электроремонтные	Проверка и ремонт электродвигателей, стартеров, генераторов и реле-регуляторов, ремонт фар, электропроводки, приборов (в т. ч. электронных), текущий ремонт и зарядка аккумуляторных батарей
Ремонт топливной аппаратуры	Ремонт подкачивающих топливных насосов, карбюраторов, инжекторов, топливных насосов высокого давления и форсунок
Слесарно-механические	Подбор деталей и подгонка сопрягаемых поверхностей, станочные работы на металлорежущем оборудовании, изготовление деталей

Наименование работы	Содержание работы
Ремонт агрегатов	Работы по ремонту отдельных агрегатов
Окрасочные	Подготовка поверхностей, нанесение и сушка лакокрасочных покрытий
Комплектовочно-сборочные	Накопление деталей, образование и хранение сборочных комплектов деталей, узловая и общая сборка агрегатов и автомобилей
Обкаточно-испытательные	Заправка топливом и маслом, обкатка, испытания, послеремонтное диагностирование, устранение неисправностей, консервация и сдача агрегатов и автомобилей

2.3. Обоснование режима работы и расчет годовых фондов времени рабочих, оборудования и рабочих постов

Исходя из принятого режима работы предприятия, определяют фонды времени рабочих, оборудования и рабочих постов. Различают номинальный ($\Phi_{н.р}$) и действительный ($\Phi_{д.р}$) фонды времени рабочих.

Номинальный годовой фонд учитывает полное календарное время работы и определяется по формуле:

$$\Phi_{н.р} = [365 - (d_{в} + d_{п})]t_{см} - t_{ск}n_{п}. \quad (2.1)$$

Действительный фонд времени учитывает фактически отработаемое рабочим время в часах в течение года с учетом отпуска и потерь по уважительным причинам (выполнение государственных обязанностей, болезней и т. п.) и определяется по формуле:

$$\Phi_{д.р} = \{[365 - (d_{в} + d_{п} + d_{о.р})]t_{см} - t_{ск}n_{п}\}Q_{р}. \quad (2.2)$$

Номинальным годовым фондом времени работы оборудования ($\Phi_{н.о}$) называют время в часах, в течение которого оно может работать при заданном режиме работы:

$$\Phi_{н.о} = \{[365 - (d_{в} + d_{п})]t_{см} - t_{ск}n_{п}\}y. \quad (2.3)$$

Действительный годовой фонд времени работы оборудования ($\Phi_{д.о}$) учитывает простои оборудования в профилактическом обслуживании и ремонте и определяется по формуле:

$$\Phi_{д.о} = \Phi_{н.о} Q_o. \quad (2.4)$$

Годовой фонд времени рабочего поста ($\Phi_{р.п}$) – это время в часах, в течение которого он используется при заданном режиме работы производственного участка:

$$\Phi_{р.п} = \{[365 - (d_v + d_{п})]t_{см} - t_{ск}n_{п}\}y, \quad (2.5)$$

где d_v – количество выходных дней в году;

$d_{п}$ – количество праздничных дней в году;

$t_{см}$ – средняя продолжительность рабочей смены, ч;

$n_{п}$ – количество праздников в году;

$d_{о.р}$ – продолжительность отпуска рабочего в рабочих днях;

$t_{ск}$ – сокращение длительности смены в предпраздничные дни, ч;

y – количество смен работы;

Q_p – коэффициент, учитывающий потери рабочего времени по уважительным причинам (0,96–0,97);

Q_o – коэффициент использования оборудования (0,95–0,98).

Нормативные данные для расчета годовых фондов времени рабочих приведены в табл. 2.2.

Таблица 2.2

Данные для расчета годовых фондов времени рабочих

Профессии рабочих	$t_{см}$	$t_{ск}$	$n_{п}$	$d_{п}$
Маляры-пульверизаторщики, работающие в камерах	7	0	9	9
Прочие профессии	8	1	9	9

2.4. Обоснование годовой производственной программы авторемонтного предприятия

Мощность проектируемого предприятия определяется годовой производственной программой, которая может задаваться в натуральном (т. е. номенклатурой и количеством ремонтируемых объектов), приведенном и стоимостном выражении.

Для заводов по ремонту полнокомплектных автомобилей и сварных агрегатов приведенная производственная программа ($N_{пр}$) определяется по формуле:

$$N_{пр} = N_{ом} + \sum_{i=1}^n N_{ai} K_{ai} + \sum_{i=1}^n N_{аг_i} K_{аг_i} \cdot K_{ai}, \quad (2.6)$$

где $N_{ом}$ – годовая программа по регламентированному ремонту автомобилей основной модели;

N_{ai} и $N_{аг_i}$ – количество регламентированных ремонтов автомобилей и агрегатов других моделей соответственно;

K_{ai} – коэффициент приведения регламентированного ремонта автомобиля к основной модели данного типа;

$K_{аг_i}$ – коэффициент приведения регламентированного ремонта агрегата к полно-комплектному базовому автомобилю i -й модели.

В зависимости от номенклатуры объектов ремонта при более узкой специализации авторемонтного предприятия формула (2.6) может быть упрощена, так как отдельные слагаемые будут опущены.

Выражение заданной программы предприятия по капитальному ремонту силовых или ходовых агрегатов автомобиля в приведенных единицах тех же агрегатов основной модели производится по формулам:

$$N_{прс} = N_{сом} + \sum_{i=1}^n N_{саг_i} K_{саг_i}, \quad (2.7)$$

$$N_{прх} = N_{хом} + \sum_{i=1}^n N_{хаг_i} K_{хаг_i}, \quad (2.8)$$

где $N_{\text{сом}}$, $N_{\text{хом}}$ – количество заданных регламентированных ремонтов соответственно силовых и ходовых агрегатов основной модели;

$N_{\text{саг}_i}$, $N_{\text{хаг}_i}$ – количество заданных регламентированных ремонтов соответственно силовых и ходовых агрегатов других моделей;

$K_{\text{саг}_i}$, $K_{\text{хаг}_i}$ – коэффициенты приведения силовых и ходовых агрегатов к основной модели.

Коэффициенты приведения разных типов автомобилей и их агрегатов, освоенных ремонтным производством, приведены в табл. 2.3–2.5.

Таблица 2.3

Коэффициенты приведения регламентированного ремонта автомобилей K_a , характеризующие конструктивно-технологические особенности объекта ремонта

Объект ремонта	Типы транспортного средства	Характеристика подвижного состава	Коэффициент K_a	
			к основной модели данного типа	к грузовому автомобилю средней грузоподъемности
1	2	3	4	5
Полнокомплектный грузовой автомобиль		Полезная нагрузка, т		
	малой грузоподъемности	от 0,3 до 1,0	0,90	–
	средней грузоподъемности	от 1,0 до 3,0	0,95	–
Полнокомплектный грузовой автомобиль	большой грузоподъемности	от 3,0 до 5,0	1,00	–
		от 5,0 до 6,0	1,15	
	особо большой грузоподъемности	от 6,0 до 8,0	1,70	–
		от 8,0 до 10,0	1,90	–
	Автомобили-самосвалы внедорожные	от 10,0 до 15,0	2,00	–
		27,0	3,80	–
		40,0	4,70	–
	75,0	6,80	–	

Окончание табл. 2.3

1	2	3	4	5
Полнокомплектный легковой автомобиль		Рабочий объем двигателя		
	особо малого класса	до 1,2	0,60	1,10
	малого класса	от 1,2 до 1,8	0,75	1,30
	среднего класса	от 1,8 до 3,5	1,00	1,75
Автобус на готовых агрегатах		Длина, м		
	особо малого класса	до 5,0	0,4	1,4
	малого класса	от 6,0 до 7,0	0,6	2,1
		от 7,0 до 8,0	0,8	2,8
	среднего класса	от 8,0 до 9,5	1,0	3,5
	большого класса	от 10,0 до 12,0	1,2	4,2
особо большого класса	от 16,0 до 18,0	1,9	6,6	

Таблица 2.4

Коэффициенты приведения регламентированного ремонта агрегатов K_r к регламентированному ремонту полнокомплектного базового автомобиля

Агрегат	Грузовой автомобиль						Внедорожный самосвал	Легковой автомобиль	Автобусы	
	Особо малой и малой грузоподъемности		Средней грузоподъемности		Большой и особо большой грузоподъемности				Рамный	с несущим кузовом
	4×2	4×4	4×2	4×4	6×4	6×6				
Двигатель 1-й комплектности	0,21	0,18	0,235	0,2	0,23*	0,22	0,19	0,12	0,12	0,06
Коробка передач	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	–	0,015	0,025	0,01
Гидромеханическая передача	–						0,12	–		
Раздаточная коробка	–	0,025	–	0,03	–	0,03	0,03	–		
Передний мост: неведущий	0,05	–	0,05	–	0,05	0,05	0,04	0,05	0,035	0,015
Задний (средний) мост	–	0,08	–	0,08	–	–	–	–	–	–
Рулевое управление	0,07	0,07	0,07	0,07	0,08	0,065	0,06	0,025	0,04	0,02
Карданный вал	0,01	0,01	0,01	0,015	$\frac{0,015^*}{0,02^{**}}$	0,02	0,01	0,005	0,008	0,005
Кузов (кабина)	0,017	0,017	0,017	0,017	0,02	0,02	–	0,016	0,015	0,006
Примечание:	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,06	0,55	0,6	0,814

* для автомобилей с карбюраторными двигателями;

** для автомобилей с дизелями.

Таблица 2.5

Коэффициенты приведения капитального
ремонта силовых и комплекта прочих агрегатов

Вид транспортного средства	Коэффициенты приведения	
	силовых агрегатов $K_{\text{сag}}$	комплекта прочих агрегатов K_{xag}
Автомобиль грузовой: особо малой грузоподъемности	0,8	0,9
малой грузоподъемности	0,9	1,0
средней грузоподъемности	1,0	1,0
большой грузоподъемности: свыше 5 до 6 т	1,15	1,3
свыше 6 до 8 т	1,7	2,0
особо большой грузоподъемности	2,1	3,3
Автомобиль-самосвал внедорожный грузоподъемностью: 27 т	2,8/1,8	3,2
40 т	3,0/2,0	3,2
75 т	4,8	–
Легковые автомобили: особо малого класса	0,7/0,65	0,7/0,45
малого класса	0,9/0,8	0,85/0,5
среднего класса	1,0/0,9	1,0/0,6
Примечания: Для автомобилей-самосвалов внедорожных коэффициент $K_{\text{сag}}$ указан в числителе для двигателя, в знаменателе для ГМП; Для легковых автомобилей коэффициенты $K_{\text{сag}}$, K_{xag} указаны в числителе к агрегатам легкового автомобиля среднего класса, в знаменателе к агрегатам грузового автомобиля средней грузоподъемности.		

Корректировочные коэффициенты, учитывающие основные модификации подвижного состава по сравнению с базовой моделью автомобиля, приведенной в табл. 2.3, принимаются следующие:

Автомобили повышенной проходимости:

– особо малой, малой и средней грузоподъемности (4x4)

1,2 (4x2)*

* в скобках указана колесная формула базовой модели данного типа автомобилей.

– большой грузоподъемности (6х6)	1,15 (6×4)*
– особо большой грузоподъемности (6х6)	1,07 (6×4)*
Седелные тягачи	0,95
Автомобили-самосвалы:	
– малой, средней и большой грузоподъемности с карбюраторными двигателями	1,1
– большой грузоподъемности с дизельными двигателями	1,05
– особо большой грузоподъемности	1,03

2.5. Расчет трудоемкости ремонтируемых изделий

Исходными данными для технологического расчета предприятия являются годовая программа и трудоемкость ремонта объектов.

Трудоемкость ремонта изделия для реальных условий корректируется с учетом величины и структуры производственной программы, а также специализации проектируемого предприятия (табл. 2.6).

Таблица 2.6

Трудоемкость регламентированного ремонта автомобилей и агрегатов для эталонных условий

Автомобиль	Трудоемкость ремонта объекта, чел.-ч				
	Полнокомплектный автомобиль	Автомобиль на базе готовых силовых агрегатов	Автомобиль на базе готовых комплектов агрегатов	Силовой агрегат	Комплект прочих агрегатов
ГАЗ-3307	175,0	133,0	97,0	35,0	23,0
ЗИЛ-431410	192,5	150,3	103,8	40,3	29,9
МАЗ-5335	315,0	232,8	152,5	65,0	47,7
КамАЗ-5320	432,3	335,2	220,5	73,5	80,5
КрАЗ-250-010	393,8	291,1	155,0	78,0	93,3

* в скобках указана колесная формула базовой модели данного типа автомобилей.

Автомобиль	Трудоемкость ремонта объекта, чел.-ч				
	Полно-комплектный автомобиль	Автомобиль на базе готовых силовых агрегатов	Автомобиль на базе готовых комплектов агрегатов	Силовой агрегат	Комплект прочих агрегатов
БелАЗ-540А	780,0	–	–	–	–
БелАЗ-548А	1050,0	–	–	–	–
ГАЗ-24-10	308,0	255,6	213,8	34,8	24,8
РАФ-2203-01	–	–	248	–	–
ПАЗ-3205	–	–	483,6	–	–
КАВЗ-3270	–	–	372,0	–	–
ЛАЗ-695Н	–	–	620,0	–	–
ЛАЗ-42021	–	–	682,0	–	–
ЛиАЗ-677М	–	–	744,0	–	–
ЛиАЗ-5256	–	–	806,0	–	–
МАЗ-103	–	–	849,4	–	–
МАЗ-105	–	–	1178,0	–	–

Расчет трудоемкости ремонта автомобиля любой модели (T_{ai}) в общем виде производится по формуле:

$$T_{ai} = T_{om} K_N K_c K_{ai}, \quad (2.9)$$

где T_{om} – трудоемкость регламентированного ремонта автомобиля основной модели при эталонной годовой программе, чел.-ч;

K_N , K_c – коэффициенты корректирования трудоемкости в зависимости от мощности предприятия и структуры программы соответственно;

K_{ai} – коэффициент приведения ремонта i -й модели автомобиля к основной модели.

Трудоемкость ремонта отдельных агрегатов (T_{ag}) определяется по формуле:

$$T_{ag} = T_a K_{ag}. \quad (2.10)$$

При проектировании специализированных предприятий по ремонту силовых или агрегатов ходовой части автомобиля трудоемкость их регламентированного ремонта рассчитывают по формулам:

$$T_{\text{саг}} = T_{\text{омс}} K_N K_{\text{саг}} K_M; \quad (2.11)$$

$$T_{\text{хаг}} = T_{\text{омх}} K_N K_{\text{хаг}} K_M, \quad (2.12)$$

где $T_{\text{омс}}$, $T_{\text{омх}}$ – трудоемкость регламентированного ремонта силового и ходовых агрегатов основной модели соответственно при эталонной программе, чел.-ч;

$K_{\text{саг}}$, $K_{\text{хаг}}$ – коэффициенты приведения силовых и ходовых агрегатов к основной модели;

K_M – коэффициент корректирования трудоемкости, учитывающий количество моделей агрегатов в программе предприятия. При числе моделей две и более $K_M = 1,05$.

Значения коэффициентов корректирования трудоемкости в зависимости от структуры программы K_c и ее величины K_N приведены в табл. 2.7 и 2.8.

Таблица 2.7

Коэффициенты корректирования трудоемкости K_c
в зависимости от структуры производственной программы

Соотношение в программе полнокомплектных автомобилей и комплектов товарных агрегатов	Коэффициент K_c для предприятий	
	по ремонту автомобилей с карбюраторными двигателями	по ремонту автомобилей с дизелями
1:0	1,0	1,0
1:0,5	0,98	0,97
1:1	0,96	0,94
1:1,5	0,94	0,92
1:2	0,93	0,91

В ходе расчетов при несовпадении расчетной программы с табличными данными рекомендуется использовать метод линейной интерполяции.

Согласно данному методу расчетное значение поправочного коэффициента K_N составит:

$$K_N = K_{N_1} - \frac{N_p - N_1}{N_2 - N_1} (K_{N_1} - K_{N_2}), \quad (2.13)$$

где N_p – расчетная программа;

N_1, N_2 – табличные значения соответственно большей и меньшей по величине программы ближайšie к расчетным табличным значениям;

K_{N_1}, K_{N_2} – поправочные коэффициенты, соответствующие табличным значениям программ N_1 и N_2 .

2.6. Определение годового объема работ

При проектировании по укрупненным показателям годовой объем работ предприятия (T_r) определяется по формуле:

$$T_r = \sum_{i=1}^n T_i N_i, \quad (2.14)$$

где T_i – трудоемкость ремонта отдельных изделий (автомобиля, агрегата, узла), чел.-ч;

N_i – годовая программа предприятия по ремонту одноименных изделий, шт.

Годовой объем работ производственных участков ($T_{r,p}$) определяют исходя из трудоемкости ремонта объекта и ориентировочных норм разбивки этой трудоемкости по видам работ и рассчитывают по формуле:

$$T_{r,p} = \sum T_i \frac{K_{T_i}}{100} N_i, \quad (2.15)$$

где K_{T_i} – процентное содержание отдельных работ в нормативной трудоемкости ремонтируемого изделия.

Величину K_{Ti} определяют по данным действующих однотипных предприятий или типовых проектов. Ориентировочные значения K_{Ti} приведены в табл. 2.9–2.12.

Таблица 2.9

Распределение трудоемкости регламентированного ремонта грузовых автомобилей по составным частям и видам работ, %

Наименование работ	Грузовой автомобиль без основных агрегатов								
	Шасси без основных агрегатов	Рама	Тормоза	Радиатор	Электрооборудование на шасси	Кабина	Оперенье	Глушитель	Платформа
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Регламентированный ремонт грузового автомобиля с карбюраторным двигателем	$\frac{35,5}{19,1}$	$\frac{9,1}{4,9}$	$\frac{2,8}{1,5}$	$\frac{3,5}{1,9}$	$\frac{3,5}{1,9}$	$\frac{29,1}{15,7}$	$\frac{5,8}{3,1}$	$\frac{0,9}{0,4}$	$\frac{9,8}{5,3}$
	Всего 53,8 % (от трудоемкости автомобиля)								
Регламентированный ремонт грузового автомобиля с дизелем	$\frac{34,2}{19,0}$	$\frac{9,0}{5,0}$	$\frac{3,6}{2,0}$	$\frac{3,6}{2,0}$	$\frac{5,4}{3,0}$	$\frac{30,6}{17,0}$	$\frac{3,6}{2,0}$	$\frac{1,0}{0,5}$	$\frac{9,0}{5,0}$
	Всего 55,5 % (от трудоемкости автомобиля)								
Разборочно-сборочные работы, % от трудоемкости составной части, в том числе:	86,5	71,3	95,5	93,0	86,5	81,5	76,0	87,5	99,0
– предварительная мойка	1,6	–	–	–	–	–	–	–	–
– предварительная разборка	11,6	–	–	–	–	–	–	–	–
– мойка частично разобранных изделий	1,3	–	–	–	–	1,3	4,5	14,5	–

Продолжение табл. 2.9

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
– окончательная разборка на узлы (детали)	11,8	31,6	–	–	–	–	–	–	31,9
– мойка деталей	1,0	3,9	–	–	–	–	–	–	–
– дефектация деталей	1,8	3,9	7,3	–	–	–	–	–	–
– комплектование деталей	8,3	–	–	–	–	–	5,1	–	–
– общая сборка из узлов	40,0	55,4	–	–	–	–	–	–	–
– испытание и регулировка	10,8	–	9,7	–	–	–	–	–	–
– разборочно-сборочные работы и испытание	–	–	54	–	100	14,9	15,3	36,2	33,0
– медницко-радиаторные	1,0	–	22,0	86,5	–	–	–	–	–
– шиномонтаж и ремонт дисков колес	7,5	–	–	–	–	–	–	–	–
– дерево-обрабатывающие	–	–	–	–	–	–	–	–	22,4
– обойные	–	–	–	–	–	16,0	–	–	–
– жестяницкие	–	–	–	7,1	–	26,7	63,8	36,3	–
– арматурно-слесарные	–	–	–	–	–	28,2	1,0	–	7,4
– окрасочные	3,1	5,2	1,6	6,4	–	7,8	15,4	5,8	5,3
Всего на разборочно-сборочных работах	100,0 %								
Восстановление деталей, % от трудоемкости составной части, в том числе:	13,5	28,7	4,5	7,0	13,5	18,5	24,0	12,5	1,0
слесарные	10,9	31,4	82,0	65,0	21,3	–	–	40,0	–
– механические	14,2	35,3	9,0	–	2,1	–	–	–	–
– холодная штамповка дополнительных ремонтных деталей	–	–	–	–	–	10,0	–	–	–

Окончание табл. 2.9

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
– газосварочные	4,4	7,8	9,0	13,0	6,4	64,5	74	40,0	–
– электросварочные	3,1	15,7	–	22,0	6,4	–	7,4	–	–
– кузнечные	5,5	5,9	–	–	–	–	–	20,0	100,0
– рессорные	51,4	–	–	–	–	–	–	–	–
– термические	6,1	3,9	–	–	–	–	–	–	–
– гальванические	4,4	–	–	–	63,8	5,7	–	–	–
– полимерные	–	–	–	–	–	19,8	18,6	–	–
Всего на восстановление деталей	100,0 %								
Примечание: в числителе процентное содержание трудоемкости ремонта составных частей в трудоемкости ремонта грузового автомобиля без основных агрегатов; в знаменателе то же в трудоемкости ремонта полнокомплектного автомобиля.									

Таблица 2.10

Распределение трудоемкости регламентированного ремонта легковых автомобилей по составным частям и видам работ, %

Наименование работ	Легковой автомобиль без основных агрегатов				
	Шасси без основных агрегатов	Электро-оборудование на шасси	Кузов		
			Подmotorная рама и пол	Корпус	Крылья, двери, капот, крышка багажника
1	2	3	4	5	6
Регламентированный ремонт легкового автомобиля на готовых агрегатах	26,3	3,0	1,5	54,8	14,4
	20,4	2,3	1,2	42,6	11,2
Всего 77,7 % (от трудоемкости автомобиля)					

Продолжение табл. 2.10

1	2	3	4	5	6
Разборочно-сборочные работы, % от составной части, в том числе:	91,8	95,8	56,4	63,4	70,2
Предварительная мойка	0,7	–	–	–	–
Предварительная разборка	10,7	–	–	1,1	–
Мойка частично разобранных изделий	0,6	–	–	–	–
Окончательная разборка на узлы (детали)	9,1	–	–	1,8	–
Разборка узлов	0,6	–	–	–	–
Мойка деталей	0,6	–	–	–	–
Снятие старой краски	0,5	–	–	1,4	1,2
Дефектация деталей	1,2	–	3,2	0,4	0,4
Комплектование деталей	5,8	–	–	0,5	–
Сборка узлов	1,8	–	–	–	–
Общая сборка из узлов	49,1	–	–	5,4	–
Испытание и регулировка	10,2	–	–	–	–
Разборочно-сборочные работы и испытание	–	100	–	–	–
Меднико-радиаторные	3,7	–	–	–	–
Шиномонтажные и ремонт дисков колес	4,5	–	–	–	–
Обойные	–	–	–	15,5	–
Жестяницкие	–	–	90,4	49,7	86,5
Слесарно-арматурные	–	–	–	10,7	–
Окраска	0,9	–	6,4	13,5	11,9
Всего на разборочно-сборочные работы	100,0				
Восстановление деталей, % от составной части, в том числе	8,2	4,2	43,6	36,6	29,8
Слесарные	–	20,0	–	19,5	–

Окончание табл. 2.10

1	2	3	4	5	6
Механические	–	42,0	–	–	–
Холодная штамповка ДРД	–	–	–	31,5	–
Газосварочные	22,2	6,0	100	45,4	66,4
Электро-сварочные	20,4	6,0	–	3,6	–
Кузнечные	20,4	–	–	–	–
Рессорные	29,7	–	–	–	–
Термические	7,3	–	–	–	–
Гальванические	–	26,0	–	–	–
Полимерные	–	–	–	–	33,6
Всего на восстановление деталей	100,0				
Примечание: в числителе – процентное содержание трудоемкости ремонта составных частей в трудоемкости ремонта легкового автомобиля без основных агрегатов; в знаменателе – то же в трудоемкости ремонта полнокомплектного автомобиля.					

Таблица 2.11

Распределение трудоемкости регламентированного ремонта силовых агрегатов автомобилей по составным частям и видам работ, %

Наименование работ	Составные части силового агрегата, %					
	Двигатель со сцеплением	Компрессор	Система питания		Электрооборудование на двигателе	Коробка передач
			Карбюраторный двигатель	Дизель		
1	2	3	4	5	6	7
Регламентированный ремонт силового агрегата с карбюраторным двигателем	$\frac{65,8}{18,5}$	$\frac{7,1}{2,0}$	$\frac{4,3}{1,2}$	–	$\frac{8,6}{2,4}$	$\frac{14,2}{4,0}$
	Всего 28,1 % (от трудоемкости автомобиля)					
Регламентированный ремонт силового агрегата с дизельным двигателем	$\frac{67,8}{19,0}$	$\frac{4,3}{1,2}$	–	$\frac{8,6}{2,4}$	$\frac{5,0}{1,4}$	$\frac{14,3}{4,0}$
	Всего 28,0 % (от трудоемкости автомобиля)					

Окончание табл. 2.11

1	2	3	4	5	6	7
Регламентированный ремонт силового агрегата легкового автомобиля	79,3		2,2		7,4	11,1
	10,7	–	0,3	–	1,0	1,5
	Всего 13,5 % (от трудоемкости автомобиля)					
Разборочно-сборочные работы, % от составной части силового агрегата, в том числе:						
Предварительная мойка	51,6	51,6	94,8	92,5	93,0	51,6
Предварительная разборка	0,8	–	–	–	–	0,9
Мойка частично разобранных изделий	5,1	–	–	–	–	8,0
Окончательная разборка на узлы (детали)	0,4	–	–	–	–	1,8
Разборка узлов	5,1	23,7	–	–	–	4,6
Мойка деталей	6,2	–	–	–	–	11,4
Снятие нагара, накипи	0,8	3,3	2,7	3,6	2,1	2,3
Дефектация деталей	1,6	–	–	–	–	–
Комплектование деталей	3,9	9,5	5,8	6,0	5,3	8,4
Сборка узлов	4,7	4,7	3,9	6,0	8,4	11,5
Общая сборка из узлов	22,6	–	–	–	–	27,4
Испытание и регулировка	24,4	47,4	–	–	–	17,1
Доукомплектование	11,7	9,5	–	–	–	5,7
Разборочно-сборочные работы и испытание	10,2	–	–	–	–	–
Медницкие	–	–	87,6	84,4	83,2	–
Окраска	2,2	–	–	–	–	–
Всего на разборочно-сборочные работы	0,3	1,9	–	–	1,0	0,9
	100,0					
Восстановление деталей, % от трудоемкости составной части, в том числе:						
Слесарные	28,0	48,4	5,2	7,5	7,0	48,4
	27,9	43,5	75,0	70,0	5,4	29,3

Окончание табл. 2.11

1	2	3	4	5	6	7
Механические	56,0	43,5	25,0	30,0	67,6	48,8
Газосварочные	3,8	5,8	–	–	2,7	2,0
Электросварочные	1,9	–	–	–	–	5,4
Наплавка под флюсом	–	–	–	–	–	1,3
Вибродуговая наплавка	2,4	4,8	–	–	2,7	2,4
Металлизация	0,8	–	–	–	–	–
Кузнечные	0,5	–	–	–	–	1,2
Термические	0,1	–	–	–	–	2,4
Гальванические	2,8	2,4	–	–	8,1	3,6
Полимерные	3,8	–	–	–	13,5	3,6
Всего на восстановление деталей	100,0					
Восстановление блока цилиндров, в том числе:	14,40	–	–	–	–	–
слесарные	32,80	–	–	–	–	–
гидравлическое испытание	6,75	–	–	–	–	–
прессовка	4,55	–	–	–	–	–
расточка гильз	30,40	–	–	–	–	–
хонингование гильз	16,40	–	–	–	–	–
расточка гнезд коренных подшипников	9,10	–	–	–	–	–
Всего на восстановление блока цилиндров	100,0	–	–	–	–	–
в том числе:						
слесарные	19,6	–	–	–	–	–
шлифовальные	48,7	–	–	–	–	–
полировальные	15,2	–	–	–	–	–
токарные	16,5	–	–	–	–	–
Всего на восстановление коленчатого вала	100,0	–	–	–	–	–
Примечание: в числителе – процентное содержание трудоемкости составных частей в трудоемкости силового агрегата; в знаменателе – то же в трудоемкости ремонта автомобиля.						

Таблица 2.12

**Распределение трудоемкости регламентированного ремонта
прочих основных агрегатов автомобилей
по составным частям и видам работ, %**

Наименование работ	Задний мост без редуктора	Редуктор заднего моста	Передний мост	Передняя подвеска	Рулевой механизм		Карданный вал
					с гидроусилителем	без гидроусилителя	
1	2	3	4	5	6	7	8
Регламентированный ремонт прочих агрегатов грузового автомобиля с карбюраторным двигателем	<u>29,8</u> 5,4	<u>15,5</u> 2,8	<u>29,3</u> 5,3	–	<u>16,5</u> 3,0	<u>5,0</u> 0,9	<u>8,9</u> 1,6
	Всего 18,1% (от трудоемкости автомобиля)						
Регламентированный ремонт прочих агрегатов грузового автомобиля с дизельным двигателем	<u>32,1</u> 5,3	<u>16,4</u> 2,7	<u>30,3</u> 5,0	–	<u>12,1</u> 2,0	–	<u>9,1</u> 1,5
	Всего 16,5% (от трудоемкости автомобиля)						
Регламентированный ремонт прочих агрегатов легкового автомобиля	18,2 1,6	10,2 0,9	–	56,8 5,0	–	5,7 0,5	9,1 0,8
	Всего 8,8% (от трудоемкости автомобиля)						
Разборочно-сборочные работы, % от составной части, в том числе:	54,4	62,4	69,0	70,9	87,6	70,8	46,0
предварительная мойка	1,5	1,1	0,9	0,9	–	–	5,2
предварительная разборка	6,5	2,2	2,1	2,0	1,9	6,3	–
мойка частично разобранных изделий	1,3	2,2	1,0	1,0	1,0	1,5	3,6
окончательная разборка на узлы (детали)	10,7	3,4	10,5	10,2	27,4	13,3	22,9
разборка узлов	9,9	8,4	13,2	12,8	–	–	–

Окончание табл. 2.12

1	2	3	4	5	6	7	8
мойка деталей	1,6	2,8	0,9	0,9	1,3	2,7	3,9
дефектация деталей	6,1	9,8	4,8	4,7	6,5	17,0	13,1
комплектование деталей	8,2	14,1	5,3	5,2	4,7	8,9	9,8
сборка узлов	18,0	19,7	27,0	26,3	41,5	–	–
общая сборка из узлов	16,3	21,1	14,5	14,1	4,7	41,0	42,5
испытание и регулировка	–	14,1	–	2,6	10,4	–	–
доукомплектование	9,1	–	11,2	10,9	–	–	–
разборочно-сборочные работы и испытание	9,8	–	7,9	7,7	–	–	–
окраска	1,0	1,1	0,7	0,7	0,1	6,2	2,6
Всего на разборочно-сборочные работы	100,0						
Восстановление деталей, % от составной части, в том числе:	45,6	37,6	31,0	29,1	12,4	29,2	54
слесарные	14,6	14,0	24,8	24,8	26,2	50,0	50,0
механические	43,1	65,0	41,0	41,0	26,2	41,3	31,1
газосварочные	2,9	4,7	1,5	1,5	–	2,2	–
электросварочные	7,1	1,9	0,9	0,9	–	2,2	5,0
наплавка под флюсом	7,5	–	–	–	–	–	3,9
вибродуговая наплавка	12,1	7,0	14,6	14,6	6,6	4,3	9,4
кузнечные	6,8	0,5	8,8	8,8	13,3	–	–
термические	2,0	2,3	1,7	1,7	7,9	–	0,6
гальванические	1,9	2,3	4,4	4,4	19,8	–	–
полимерные	2,0	2,3	2,3	2,3	–	–	–
Всего на восстановление деталей	100,0						
Примечание: в числителе – процентное содержание трудоемкости ремонта составных частей в трудоемкости ремонта комплекта прочих агрегата; в знаменателе – то же в трудоемкости ремонта автомобиля.							

Годовой объем каждого вида работ с учетом количества деталей на годовую программу, требующих соответствующих способов их восстановления, определяют по формуле:

$$T_{\text{гр}} = \sum_{i=1}^n \sum_{i=1}^{m_0} t_i n_{\text{Д}} K_{\text{в}} N, \quad (2.16)$$

где t_i – станкоемкость (или штучное время) отдельных станкоопераций, принимаемая по данным операционных карт, станкочас (или мин);

$n_{\text{Д}}$ – количество одноименных деталей в ремонтируемом изделии, шт.;

$K_{\text{в}}$ – коэффициент восстановления деталей;

n – количество наименований деталей, восстанавливаемых на участке;

m_0 – количество операций в технологическом процессе восстановления детали.

На основании годового объема работ, выраженного в станко-часах, рассчитывают количество оборудования на участке, после чего определяют число производственных рабочих и на этом основании рассчитывают годовой объем работ для этих участков, выраженный в часах.

2.7. Определение количества работающих на предприятии

Рассчитывается *явочный* $P_{\text{я}}$ и *списочный* $P_{\text{с}}$ составы рабочих.

Для участков, годовой объем работ которых оценивается трудоемкостью, *число производственных рабочих* (за исключением станочников) определяется по следующим формулам:

$$P_{\text{я}} = \frac{T_{\text{г.р.}}}{\Phi_{\text{н.р}}}, \quad (2.17)$$

$$P_{\text{с}} = \frac{T_{\text{г.р.}}}{\Phi_{\text{д.р}}}, \quad (2.18)$$

где $T_{\text{г.р.}}$ – годовой объем соответствующего вида ремонтных работ, ч;

$\Phi_{\text{н.р.}}$, $\Phi_{\text{д.р.}}$ – номинальный годовой и действительный фонд рабочего времени рабочего, ч.

Коэффициент штатности $Q_{ш}$ определяется как отношение явочного числа рабочих к списочному:

$$Q_{ш} = \frac{P_{я}}{P_{с}} = \frac{\Phi_{д.р.}}{\Phi_{н.р.}}. \quad (2.19)$$

Для участков, на которых преобладает машинный способ работы и годовой объем оценивается станкоемкостью, при расчете рабочих необходимо учитывать возможность обслуживания одним рабочим нескольких станков.

Количество рабочих-станочников по каждому типу станков определяется после расчета оборудования по группам и типоразмерам по формулам:

$$P_{я} = \frac{X_0 \Phi_{д.р.} K_3}{\Phi_{н.р.} Q_{м.о.}}, \quad (2.20)$$

$$P_{с} = \frac{X_0 \Phi_{д.р.} K_3}{\Phi_{д.р.} Q_{м.о.}}, \quad (2.21)$$

где X_0 – количество единиц оборудования, шт.

K_3 – коэффициент загрузки оборудования;

$Q_{м.о.}$ – коэффициент многостаночного обслуживания:

$$Q_{м.о.} = \frac{t_{м} + t_{в}}{t_{в} + t_{в.п} + t_{р}}, \quad (2.22)$$

где $t_{м}$ – непрерывное машинное время на одном станке, мин;

$t_{в}$ – вспомогательное время, не перекрывающееся машинным, затрачиваемое рабочим на выполнение технологической операции на одном станке, мин;

$t_{в.п}$ – вспомогательное время, перекрывающееся машинным, затрачиваемое рабочим при выполнении операции на одном и том же станке, мин;

$t_{р}$ – время, затрачиваемое рабочим на переход от одного станка к другому и на задержку у станка, мин.

Величина $Q_{\text{м.о.}}$ определяется с использованием операционной карты механической обработки детали.

Рекомендуемые значения коэффициента многостаночного обслуживания для различных типов станков следующие:

– для универсальных токарных, сверлильных, расточных, токарно-револьверных станков – 1,0;

– для фрезерных, строгальных, шлифовальных станков – 1,0–1,25;

– для вертикально-расточных станков (для расточки гильз цилиндров двигателей), фрезерно-отрезных и отрезных ножовочных станков – 2,0;

– для токарных и токарно-револьверных полуавтоматов и автоматов, многошпиндельных полуавтоматов, станков общего назначения с программным управлением, камерных и шахтных термических печей – 2,0–3,0;

– для зубообрабатывающих станков – 3,0–4,0;

– для пневматических молотов с массой падающих частей до 0,4 т – 0,33–0,5.

Количество рабочих вспомогательного производства рассчитывается исходя из трудоемкости этих работ и годовых фондов времени. При расчете числа станочников вспомогательного производства учитывается возможность многостаночного обслуживания ($Q_{\text{м.о.}} = 1,05–1,20$).

Число рабочих вспомогательного производства определяется по нормам, приведенным в табл. 2.13.

Таблица 2.13

Нормы определения количества рабочих на участках вспомогательного производства

Участок	Профессии рабочих	Вариант	Метод определения	Норма
1	2	3	4	5
Ремонтно-механический участок ОГМ	Общее число станочников и слесарей	I	Принимается в процентном отношении к числу рабочих на слесарно-механическом участке основного производства	17,5

Окончание табл. 2.13

1	2	3	4	5
	Станочники	II	Принимается на один станок, расположенный на участке, чел.	0,8–0,9
	Слесари		Принимается в процентном отношении к числу станочников ремонтно-механического участка ОГМ	150
	Подсобные рабочие			10–15
Электроремонтный ОГМ	Слесари-электрики	–	Принимается в зависимости от мощности токоприемников	4–5 чел. на 1000 кВт
Ремонтно-строительным ОГМ	Ремонтно-строительные рабочие		Принимается в зависимости от площади застройки	5 чел. на 10 000 м ²
Инструментальный цех; слесарно-механический участок; заточной участок	Общее число рабочих инструментального цеха (станочников, слесарей, заточников)	I	Принимается в процентном от нолей и к числу рабочих на слесарно-механическом участке основного производства	25
	Станочники	II	Принимается на один станок участка в смену, чел.	0,8–0,9
	Слесари-инструментальщики		Принимается в процентном отношении от числа станочников	50–60
	Подсобные рабочие		Принимается в процентном отношении от числа станочников и слесарей	10–15
	Заточники		Принимается На один заточной станок в смену, чел.	0,5–0,7

Мощность токоприемников и площадь застройки предприятия при расчете количества слесарей-электриков и ремонтно-строительных рабочих ОГМ определяют в зависимости от типа и годовой производственной программы предприятия по укрупненным нормам.

Результаты расчетов заносят в табл. 2.14.

Количество вспомогательных рабочих при расчете по укрупненным показателям определяют в процентном отношении от общего числа производственных рабочих (включая рабочих вспомогательного производства): на предприятиях по ремонту полнокомплектных автомобилей – 25–35 %; на предприятиях по ремонту силовых и прочих агрегатов – 35–40 %.

Количество работников ПСО определяется в зависимости от числа постов.

Таблица 2.14

Количество производственных рабочих предприятия

Производственные участки основного и вспом. производств	Трудоёмкостьединицы продукции T , чел.-ч	Годовая производственная программа N , шт.	Годовая трудоёмкость работ T_G , чел.-час.	Годовой фонд времени рабочего		Количество рабочих						Коэффициент штатности $Q_{шт.}$
				$\Phi_{нр.}$, час.	$\Phi_{др.}$, час.	Расчетное		Принятое		По сменам		
						$P_я$	$P_с$	$P_я$	$P_с$	I	II	
Всего

Примечание: при округлении расчетного дробного числа рабочих до принятого целого числа необходимо, чтобы суммарные значения рассчитанного и принятого количества рабочих были близки. Разряд рабочих зависит от сложности выполняемых в производственных подразделениях работ и назначается по тарифно-квалификационному справочнику.

Результаты расчета количества работников предприятия заносят в табл. 2.15.

Таблица 2.15

Состав работающих на авторемонтном предприятии

Категории работающих	Производственные рабочие		Вспомогательные рабочие	ИТР	СКП	МОП и ПСО	Всего	
	основного производства							вспомогательного производства
	$P_{я}$	$P_{с}$						
Количество								

2.8. Расчет количества оборудования и рабочих постов производственных участков основного производства

В зависимости от метода расчета годовой программы и технической характеристики оборудования по производительности количество оборудования рассчитывается по:

- годовому объему работ, выраженному в часах или станко-часах;
- физическим параметрам объектов ремонта (массе и площади поверхностей, трудоемкости (станкоемкости) объектов ремонта.

При расчете количества оборудования, связанного с ручным или механизировано-ручным способом работы, например, на разборочно-сборочных, кузовных, жестяницких, медницких и других участках, количество единиц оборудования (X_0) рассчитывается по *трудоемкости* выполняемых работ по формуле:

$$X_0 = \frac{T_{г.р.}}{\Phi_{д.о}}, \quad (2.23)$$

где $T_{г.р.}$ – годовой объем определенного вида ремонтных работ, чел.-ч;
 $\Phi_{д.о.}$ – действительный годовой фонд времени оборудования, ч.

По станкоемкости выполняемых работ рассчитывается оборудование производственных участков с машинным способом работы (металлорежущие и деревообрабатывающие станки, кузнечно-прессовое оборудование и пр.) и определяется по той же формуле, в которой $T_{г.р.}$ выражается в станко-часах.

В данном случае часть действий, связанных с выполнением технологических операций, может происходить без участия рабочего.

С учетом необходимости частых переналадок оборудования в условиях АРП количество оборудования определяется по формуле

$$X_o = \frac{T_{г.р.} + T_{г.р.п.}}{\Phi_{д.о.}}, \quad (2.24)$$

где $T_{г.р.п.}$ – годовой объем переналадочных работ, станко-часы.

Количество *рабочих постов* предприятия с мелкосерийным производством ($x_{р.п.}$) на участке, не оснащенных механизированным оборудованием, для выполнения годового объема соответствующих ремонтных работ определяется по формуле:

$$x_{р.п.} = \frac{T_{г.р.}}{\Phi_{р.п.} P_{п.}}, \quad (2.25)$$

где $P_{п.}$ – количество рабочих, одновременно работающих на одном посту, чел.

Число моечных ванн и установок для мойки изделий погружением, а также сушильных камер не конвейерного типа определяют по формуле:

$$X_o^{\text{расч}} = \frac{t_{то} N_{г.}}{N \Phi_{д.о.}}, \quad (2.26)$$

где $t_{то}$ – продолжительность технологической операции с учетом времени на загрузку и выгрузку изделий, ч;

$N_{г.}$ – количество изделий на годовую программу;

N – число одновременно обрабатываемых изделий;

$\Phi_{д.о.}$ – эффективный (расчетный) годовой фонд времени оборудования.

Число *испытательных стендов* рассчитывают по формуле:

$$X_o^{\text{расч}} = \frac{k_n t_{то} N_{г.}}{\Phi_{д.о.}}, \quad (2.27)$$

где k_n – коэффициент повторяемости, учитывающий необходимость повторной обкатки и испытания двигателя после устранения дефектов, обнаруженных при первом испытании ($k_n = 1,05-1,15$);

$t_{то}$ – продолжительность технологической операции с учетом времени на установку и снятие двигателя, ч (для карбюраторных двигателей принимают 0,25–0,35 ч, для дизелей – 0,50–0,65 ч).

По *физическим параметрам объектов ремонта* рассчитывают потребность в технологическом оборудовании, паспортная производительность которого определяется *массой* обрабатываемых изделий (кузнечных, термических в нагревательных печах, отдельных типах моечных машин и др.) или *площадью* поверхности покрытия (гальванических ваннах, окрасочных камерах и др.).

Количество единиц оборудования, рассчитываемое исходя из массы объектов ремонта, определяют по формуле:

$$X_0^{\text{расч.}} = \frac{\alpha_{3-в} G N_{\Gamma}}{g \Phi_{\text{д.о}}}, \quad (2.28)$$

где $\alpha_{3-в}$ – коэффициент, учитывающий время на загрузку и выгрузку изделий ($\alpha_{3-в} = 1,03-1,12$);

g – суммарная масса составных частей одного изделия, подвергаемых данному виду обработки, кг/шт.;

N_{Γ} – годовая производственная программа, шт.;

G – паспортная производительность оборудования, кг/ч.

Количество гальванических ванн определяют по формуле:

$$X_0^{\text{расч.}} = \frac{\alpha_{3-в} \sum_{i=1}^m t_i F_i N_{\Gamma i}}{f \Phi_{\text{д.о}}}, \quad (2.29)$$

где t_i – продолжительность гальванической операции для детали, ч;

F_i – площадь поверхности покрытия детали, дм^2 ;

$N_{\Gamma i}$ – число деталей на годовую программу, шт.;

f – единовременная загрузка ванны, дм^3 (определяется по паспортным данным ванны).

3. РАСЧЕТ ПЛОЩАДЕЙ И ОБОСНОВАНИЕ КОМПОНОВОЧНОГО ПЛАНА ПРОИЗВОДСТВЕННОГО КОРПУСА

При укрупненных расчетах площади производственных участков основного и вспомогательного производств $F_{\text{уч}}$, м², определяются по формуле:

$$F_{\text{уч}} = f_p \cdot x_p, \quad (3.1)$$

где f_p – удельная площадь на одного производственного рабочего, м²/чел.;

x_p – число рабочих в большей смене, чел.

Таблица 3.1

Величины удельных площадей на одного рабочего
по производственным участкам

Наименование производственного участка	f_p , м ² /чел.
1	2
Наружной мойки и приемки	30–35
Разборки (при ремонте агрегатов)	12–15
Мойки	25
Дефектация деталей и входной контроль	15–17
Комплектования деталей	15–18
Восстановления базовых и основных деталей силовых агрегатов	2–15
Сборки силовых агрегатов	13–15
Окраски силовых агрегатов	30–40
Испытания и доукомплектования двигателей	25–30
Ремонта приборов питания	12–14
Ремонта электрооборудования	10–12
Восстановления базовых и основных деталей агрегатов	11–13
Ремонта приборов пневмо- и гидросистем	12–14
Окраски агрегатов и узлов	25–35

1	2
Ремонта рам	20
Окрасочного (при ремонте автомобилей и автобусов)	40–50
Ремонта и сборки платформ	20–25
Кабино-жестяницкого	12–15
Ремонта кузовов	25–30
Жестяницко-заготовительного	10–12
Арматурного	12–14
Сборки кузовов	25–30
Слесарно-механического	10–12
Сварочно-наплавочного	15–20
Полимерного	15–20
Гальванического	30–45
Кузнечного	24–26
Медницко-радиаторного	12–15
Термического	24–26
Инструментального хозяйства	10–12
Ремонтно-механического участка ОГМ	10–12

Площади участков F (м²) предварительно определяются по суммарной площади, занимаемой технологическим оборудованием, машино-местами и организационной оснасткой:

$$F_{\text{уч}} = \sum_{i=1}^n F_{\text{об}i} k_{\text{п}}, \quad (3.2)$$

где $F_{\text{об}i}$ – суммарная площадь, занимаемая технологическим оборудованием, м²;

$k_{\text{п}}$ – коэффициент плотности расстановки оборудования, учитывающий нормы размещения оборудования, машино-мест, оснастки и проездов в пределах участка (табл. 3.2).

Суммированием площадей производственных участков основного и вспомогательного производств определяют общую производственную площадь.

Таблица 3.2

Некоторые значения коэффициента плотности расстановки оборудования $k_{п}$ в зависимости от вида работ

Наименование вида работ, выполняемых на участке	Значение $k_{п}$
Комплектование деталей; ремонт приборов питания, электрооборудования, приборов гидро- и пневмосистем, кузовов, кабин и оперения; жестяницко-заготовительного, арматурного, сборки кузовов, медницкого, электро-ремонтного	3,5–4,0
Разборочно-моечного, дефектования деталей, окрасочного, обойного, полимерного	3,5–4,5
Инструментального	4,0–4,5
Восстановление базовых и основных деталей силовых агрегатов; сборки силовых агрегатов, сборки агрегатов, автомобилей; регулировки и испытания автомобилей; слесарно-механического, гальванического, ремонтно-механического, теплового	4,0–5,0
Испытание и доукомплектование двигателей	4,5–6,0
Ремонт рам, термического	5,0–6,0
Сварочно-наплавочного, кузнечного	5,5–6,5
Ремонт и сборка платформ	7,0–8,0

Суммарную площадь складских помещений принимают в размере 25 % от производственных площадей и распределяют между складами, %:

- запасных частей – 20;
- деталей, ожидающих ремонта – 7;
- комплектующим – 10;
- металлов – 8;
- утиля – 2;
- горюче-смазочных материалов – 3;
- леса – 8;
- материалов – 17;
- центральным инструментальным (цис) – 4;
- агрегатов, ожидающих ремонта – 15;
- отремонтированных агрегатов – 6.

В расчетную площадь производственного корпуса включают площади только тех складов, которые в нем размещаются.

При размещении вспомогательных помещений в объеме производственного корпуса площадь бытовых помещений принимают в размере 12 %, а административных 5 % от расчетной производственной площади (площади участков основного и вспомогательного производств).

Суммарную площадь производственных, складских и вспомогательных помещений, размещаемых в производственном корпусе, увеличивают на 10–15 % с учетом площади, отводимой под магистральные проезды. В итоге получают расчетную площадь производственного корпуса.

Компоновочный план производственного корпуса.

При разработке компоновочного плана производственного корпуса пролет и шаг колонн в метрах образуют сетку колонн, обозначаемую.

На чертежах компоновочных планов разбивочные оси маркируют по длинной стороне здания цифрами слева направо и по короткой – заглавными буквами русского алфавита снизу вверх.

Компоновочный план разрабатывают для каждого отдельно стоящего здания, а при использовании многоэтажных зданий для каждого этажа.

Длину здания определяют путем деления его площади на ширину.

Рекомендуемые соотношения ширины и длины здания от 1:1,3 до 1:2.

Добиться рекомендуемых соотношений можно, изменяя число пролетов, а при необходимости и сетку колонн, выбирая ее из ряда 18×6, 18×12, 24×12 м.

Размеры пролетов и шагов колонн могут быть и большими, но обязательно кратными 6 или 12, что диктуется требованиями унификации изделий строительной индустрии.

Размещение в производственном корпусе производственных, складских и вспомогательных помещений удобно начать с определения расположения продольных магистральных проездов.

Нормы ширины проходов и проездов, м:

проход для рабочих – 2;

транспортный проезд при одностороннем движении электрокаров и электропогрузчиков грузоподъемностью до 3 т – 3;

то же при двухстороннем движении – 4;

транспортный проезд при двухстороннем движении электрокаров, автопогрузчиков и электропогрузчиков грузоподъемностью более 3 т – 5.

Расположение в производственном корпусе производственных, складских и вспомогательных помещений должно удовлетворять следующим требованиям:

– расположение производственных участков основного производства должно соответствовать технологической последовательности выполнения работ при минимальном грузообороте;

– производственные участки вспомогательного производства следует располагать вблизи от обслуживаемых ими участков основного производства;

– склады следует располагать вблизи от обслуживаемых ими производственных подразделений;

– изолировать производственные участки и склады от других помещений стенами следует только при необходимости, которая диктуется противопожарными и санитарными требованиями, а также требованиями сохранности материальных ценностей.

Противопожарные требования. Производственные участки и склады по их взрывной и пожарной опасности разделяют на пять категорий.

Категория А – взрывопожароопасные производства. К ним относятся участок ремонта приборов питания карбюраторных двигателей, окрасочный участок и склад лакокрасочных материалов (при применении топлива и органических растворителей с температурой вспышки до 28 °С), а также зарядная аккумуляторных батарей и участок зарядки электротранспорта (при зарядке аккумуляторных батарей без их снятия с электропогрузчиков и электрокар).

Категория Б – взрывопожароопасные производства. К ним относятся участок ремонта приборов питания дизельных двигателей, а также окрасочный, полимерный участки и склад лакокрасочных материалов (при применении органических растворителей и отвердителей с температурой вспышки от 28 до 61 °С).

Категория В – пожароопасные производства. К ним относятся шиномонтажный, деревообрабатывающий, обойный участки, полимерный участок (при применении органических растворителей и отвердителей с температурой вспышки свыше 61 °С), а также

склады шин, горюче-смазочных материалов, материалов (сгораемых текстильных, резиноасбестовых и др.) и любых других изделий, хранящихся в сгораемой таре или упаковке, кислотная при аккумуляторном участке.

Категория Г – производства, в которых используются не-сгораемые вещества в горячем и расплавленном состоянии, а также сжигаются твердые, жидкие или газообразные вещества. К производствам категории Г относятся участки регулировки и испытания автомобилей, испытания и доукомплектования двигателей, ремонта рам, ремонта кабин и оперения, кузнечный, сварочно-наплавочный, термический, медницкий.

Категория Д – производства, в которых используются не-сгораемые вещества и материалы в холодном состоянии. К производствам категории Д относятся все остальные, безопасные в пожарном отношении, участки.

При разработке компоновочного плана производственного корпуса необходимо соблюдать следующие противопожарные требования:

- более опасные в пожарном отношении производственные участки и склады следует располагать у наружных стен здания;

- участки с производствами категорий А, Б и В должны располагаться в изолированных помещениях, отделенных от других помещений несгораемыми стенами (перегородками) и дверями (воротами);

- в многоэтажных зданиях участки с производствами категорий А и Б рекомендуется располагать на верхних этажах;

- из всех производственных, вспомогательных и складских помещений должно предусматриваться необходимое число выходов для безопасной эвакуации людей;

- расстояние от наиболее удаленного рабочего места до эвакуационного выхода должно быть не менее установленных норм.

Санитарные и экологические требования. Производственные участки со значительным тепловыделением от технологического оборудования (кузнечный, термический), а также загрязняющие воздух вредными газами, парами, пылью (окрасочный, гальванический и др.) следует располагать у наружных стен здания. Кроме того, последние производственные участки должны быть расположены в изолированных помещениях.

Объем и площадь помещения на одного работающего должны быть не ниже установленных норм:

удельный объем производственных помещений, м³/чел – 15;

удельная площадь производственных помещений, м²/чел – 4,5;

удельная площадь конструкторских бюро, м²/чел – 6;

удельная площадь административно-конторских помещений, м²/чел – 4;

удельная площадь помещений для учебных занятий, м²/чел – 1,75.

4. РАЗРАБОТКА И РАСЧЕТ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛИ

4.1. Исходные данные

Исходными данными для разработки технологического процесса являются:

– рабочий чертёж детали с технологическими требованиями на её изготовление;

– производственная программа;

– карта технологических требований на дефектацию детали;

– каталоги и справочники по используемому оборудованию и технологической оснастке.

4.2. Анализ условий работы детали

Детали поступают на восстановление с различными повреждениями в результате действия разных видов нагрузок и изнашивания, окружающей среды и времени (табл. 4.1). Некоторые из повреждений обуславливают предельное состояние детали. Знание природы достижения деталями этого состояния позволяет обоснованно назначать мероприятия по повышению их долговечности и проектировать процессы их восстановления.

Геометрические модули деталей, виды нагрузок и повреждений, восстанавливаемые показатели

Элементы (геометрические модули)		Разрушающие факторы	Повреждения	Показатели	
				Геометрические параметры	Эксплуатационные свойства
Наименование	Детали				
1	2	3	4	5	6
Стенки	Корпусные детали	Удары, гидростатическое давление, вибрации	Пробоины, трещины	–	Статическая прочность, герметичность
Стыки плоские	Корпусные детали, гильзы, маховики, шкивы	Усилие смыкания деталей	Деформации	Плоскостность, расположение	–
Поверхности цилиндрические, внутренние, трущиеся	Корпусные детали, подшипники скольжения	Силы трения, химически активная среда	Деформации износ	Цилиндричность, диаметр, расположение, шероховатость	Износостойкость
Поверхности отверстий под подшипники качения	Корпусные детали, валы	Радиальные силы, переменные по величине и направлению	Деформации, износ	Цилиндричность, диаметр, расположение, шероховатость	Износостойкость

Продолжение табл. 4.1

1	2	3	4	5	6
Поверхности отверстий под подшипники скольжения	Корпусные детали, шатуны, коромысла	Радиальные силы, переменные по величине и направлению	Деформации, износ	Цилиндричность, диаметр, расположение, шероховатость	Износостойкость
Поверхности отверстий под базирующие штифты	Корпусные детали, валы	–	Деформации	Цилиндричность, диаметр, расположение, шероховатость	–
Шейки трущиеся, вращающиеся	Валы, оси, пальцы	Моменты и поперечные силы, переменные по величине и направлению	Износ, усталостные трещины	Цилиндричность, диаметр, расположение, шероховатость	Износостойкость, усталостная прочность
Междущеечные переходы (щеки, цилиндры)	Валы	Крутящие и изгибающие моменты	Усталостные трещины	–	Статическая и усталостная прочность
Кулачки, эксцентрики	Валы	Радиальные силы	Износ	Форма, размеры, шероховатость	Износостойкость
Торцы трущиеся, плоские	Валы	Осевые силы	Износ	Плоскостность, размеры, шероховатость	Износостойкость

1	2	3	4	5	6
Фланцы с центрирующими поясками	Валы	Радиальные силы	Деформации	Цилиндричность, размеры, расположение, шероховатость	–
Отверстия центровые	Валы, оси	–	–	Расположение	–
Отверстия центральные	Зубчатые колеса, звездочки, шкивы, диски, маховики	Поперечные силы, переменные по величине и направлению	Деформации, износ	Цилиндричность, диаметр, расположение, шероховатость	Износостойкость
Торцы трущиеся, сферические	Толкатели	Осевые силы	Износ	Форма, размеры, шероховатость	Износостойкость
Резьбы внутренние резьбы	Корпусные детали, валы	Усилия затяжки, вибрации	Деформации, износ, разрушение	Форма, размеры, шероховатость	Износостойкость
Резьбы наружные	Валы, оси	Усилия затяжки, вибрации	Деформации, износ, разрушение резьбы	Форма, размеры, шероховатость	Износостойкость
Шлицы наружные	Валы	Силы, нормальные поверхностям	Износ	Форма, размеры, шероховатость	Износостойкость

Продолжение табл. 4.1

1	2	3	4	5	6
Шлицы внутренние	Зубчатые колеса, шкивы	Силы, нормальные поверхностям	Износ	Форма, размеры, шероховатость	Износостойкость
Наружные цилиндрические поверхности, движущиеся поступательно	Поршни, плунжеры, шлоки	Силы трения, химически активная среда	Износ	Цилиндричность, размеры, расположение, шероховатость	Износостойкость
Внутренние цилиндрические поверхности, движущиеся поступательно	Гильзы цилиндров	Силы трения, химически активная среда	Деформации, износ, трещины	Цилиндричность, размеры, расположение, шероховатость	Износостойкость
Центрирующие пояски	Гильзы цилиндров	Радиальные силы	Деформации	Форма, размеры, шероховатость	–
Канавки под клиновые ремни	Шкивы	Силы трения	Износ, деформации	Цилиндричность, размеры, расположение, шероховатость	Износостойкость
Тела шатунов	Шатуны	Продольные силы	Деформации, трещины	–	Усталостная прочность
Плечи рычагов	Рычаги	Поперечные силы, моменты	Деформации, трещины	–	Усталостная прочность

1	2	3	4	5	6
Бойки коромысел	Коромысла	Осевые силы, переменные по величине	Износ, наклеп	Форма, размеры, шероховатость	Износостойкость
Конические тарелки	Клапаны	Осевые силы, переменные по величине	Износ, наклеп	Форма, размеры, шероховатость	Износостойкость
Зубья эвольвентные и циклоидальные	Зубчатые колеса	Контактные нагрузки	Питтинговый износ, разрушение	Форма, размеры, шероховатость	Износостойкость, усталостная прочность
Упругие элементы	Пружины, рессоры, торсионы	Вибрационные нагрузки	Изменение размеров, усталостные трещины, потеря жесткости	Размеры	Усталостная прочность, жесткость

4.3. Технические условия на контроль-сортировку

Технические условия на контроль-сортировку приводятся в карте технических требований на дефектацию детали (табл. 4.2).

В карте указаны дефекты, размеры (номинальный, допустимый без ремонта и допустимый для ремонта), а также необходимые технические воздействия.

Значения коэффициентов повторяемости дефектов приведены в табл. 4.3.

Таблица 4.2

Карта технических требований на дефектацию детали

Деталь (сборочная единица)						
Эскиз детали			Номер детали (сборочной единицы):			
			Материал:			
			Твердость:			
Позиция на эскизе	Возможные дефекты	Коэффициент повторяемости дефекта	Способ установления дефекта и средства контроля	Размер, мм		Заключение (с указанием возможных способов восстановления или браковать)
				По рабочему чертежу	Допустимый без ремонта	
↔10↔	↔28↔	↔10↔	↔35↔	↔25↔	↔25↔	↔42↔

Таблица 4.3

Значения коэффициентов повторяемости дефектов типовых поверхностей ремонтпригодных деталей автомобилей

Наименование типовых поверхностей и их дефектов	Значения коэффициентов
1	2
Трещины, обломы	0,15–0,25
Изгиб, деформация	0,35–0,55
Наружная цилиндрическая неподвижная за счет трения	0,30–0,50
Наружная цилиндрическая неподвижная за счет вспомогательных деталей	0,20–0,35

Продолжение табл. 4.3

1	2
Наружная цилиндрическая с возвратно-поступательным скольжением	0,35–0,55
Наружная цилиндрическая с вращательным скольжением	0,30–0,40
Наружная цилиндрическая с возвратно-вращательным скольжением	0,30–0,45
	0,30–0,40
Внутренняя цилиндрическая неподвижная за счет трения	0,35–0,90
Внутренняя цилиндрическая неподвижная за счет вспомогательных деталей	0,20–0,50
Внутренняя цилиндрическая с возвратно-поступательным скольжением	0,20–0,40
Внутренняя цилиндрическая с вращательным скольжением	0,25–0,35
Внутренняя цилиндрическая с возвратно-вращательным скольжением	0,20–0,40
Резьбовая наружная	0,30–0,60
Резьбовая внутренняя	0,12–0,20
Шлицевая наружная (прямобочный профиль)	0,30–0,60
Шлицевая внутренняя (прямобочный профиль)	0,25–0,45
Зубчатая наружная	0,50–0,90
Зубчатая внутренняя	0,15–0,20
Плоская с поступательным скольжением	0,10–0,15
Плоская с вращательным скольжением	0,10–0,15
Шпоночный паз наружный	0,20–0,50
Шпоночный паз внутренний	0,20–0,35
Канавка наружная	0,05–0,15
Канавка внутренняя	0,05–0,15
Коническая наружная	0,10–0,15
Коническая внутренняя	0,10–0,15
Сферическая наружная	0,10–0,15
Сферическая внутренняя	0,10–0,15
Профильная	0,10–0,15
Фасонная	0,10–0,15
Торцевая	0,05–0,10
Лыска наружная	0,15–0,20
Лыска внутренняя	0,10–0,15

4.4. Маршрут восстановления детали

Маршрут восстановления детали выполняется в следующей последовательности: правка детали, подготовка детали к нанесению покрытия, нанесение покрытий с температурным воздействием, предварительная механическая обработка, нанесение покрытий без температурных воздействий, окончательная механическая обработка, контроль параметров готовой детали.

Процесс нанесения покрытия включает в себя три группы операций: подготовка деталей, нанесение покрытия, обработка покрытия детали.

Подготовка включает механическую обработку: чистовое растачивание с целью исправления геометрических параметров изношенной поверхности. Нанесение покрытия осуществляется наплавкой, газотермическим напылением, железнением (безванным способом в холодном электролите на асимметричном токе).

При составлении технологического маршрута необходимо учитывать следующие требования:

- одноимённые операции по всем дефектам маршрута должны быть объединены;

- каждая последующая операция должна обеспечить сохранность качества работы поверхностей детали, достигнутую при предыдущих операциях;

- в начале должны идти подготовительные операции, затем восстановительные, кузнечные, предварительные слесарно-механические, нанесение покрытий с использованием тепловложений, точение, шлифовальные, доводочные, контрольные работы.

4.5. Выбор технологических баз

Базовые поверхности следует выбирать с таким расчётом, чтобы при установке и замене деталь не смещалась с указанного местоположения и не деформировалась под воздействием сил резания и усилий закрепления. При выборе баз необходимо учитывать:

- выбирать те базы, которые использовались при изготовлении детали;

- базы должны иметь минимальный износ;

- базы должны быть жёстко связаны точными размерами с основными поверхностями детали, влияющими на работу в сборочной единице.

4.6. Планы операций технологических процессов восстановления детали по маршрутам

При составлении плана операций для каждого маршрута первоначально необходимо выделить наиболее ответственные (точные) поверхности, а также дефекты, требующие многократной обработки для их устранения. Затем для устранения каждого дефекта, входящего в маршрут, намечают состав и последовательность выполнения технологических операций.

На основании последовательности выполнения операций по устранению каждого в отдельности дефекта составляется план операций для отдельного маршрута (сочетание дефектов) путем выявления операций, которые можно совместить, и поверхностей, которые можно обработать совместно.

Технологические операции каждого маршрута располагают одна за другой в наиболее рациональной последовательности из условий выполнения требований ремонтного чертежа наиболее экономичным способом. Операции должны располагаться в такой последовательности, которая обеспечивает требования чертежа, минимальную трудоемкость, исключение брака, сохранность оборудования, стойкость инструмента и т. д.

При составлении плана технологических операций маршрута можно исходить из основных положений:

1) тепловые операции (кузнечные, сварочные, наплавочные и т. д.) выполняются в первую очередь, т. к. при этом вследствие остаточных внутренних напряжений возникает деформация деталей;

2) операции, при выполнении которых производится съем металла большой толщины, также планируются в числе первых, т. к. при этом выявляются возможные внутренние дефекты и происходит перераспределение внутренних напряжений, что сопровождается деформациями деталей;

3) механическую обработку необходимо начинать с исправления базовых поверхностей, а при использовании в качестве установочных баз работавших поверхностей необходимо ориентироваться на изношенные участки;

4) в первую очередь необходимо обработать ту поверхность, относительно которой на чертеже координировано большее количество других поверхностей;

5) в числе последующих операций назначают механические (слесарные) и окончательную обработку сначала менее точных поверхностей, а затем более точных;

6) если при восстановлении детали применяется термическая обработка, то операции выполняются в такой последовательности: черновая механическая, термическая, чистовая механическая;

7) не рекомендуется совмещать черновые и чистовые операции, т. к. они выполняются с различной точностью;

8) в последнюю очередь выполняются чистовые операции;

9) заканчивают обработку детали обработкой наиболее точной поверхности;

10) последними в маршруте часто назначают обработку легко повреждаемых поверхностей (резьба и т. п.).

4.7. Выбор средств технологического оснащения, режущего и измерительного инструмента

Средства технологического оснащения включают:

– технологическое оборудование (в том числе контрольное и испытательное);

– технологическую оснастку (в том числе инструменты и средства контроля);

– средства механизации и автоматизации производственных процессов.

Выбор технологического оборудования производится исходя из следующих основных условий:

– возможности формирования требуемых поверхностей деталей, возможности выполнения технических требований, которые предъявляются к детали;

– соответствие основных размеров оборудования с габаритными размерами детали;

– обеспечение наиболее эффективных методов обработки поверхностей (выполнения работы);

– размер партии обрабатываемых деталей;

– расположение обрабатываемых поверхностей;

– требования к точности и качеству обрабатываемых поверхностей.

Выбор технологической оснастки производится на основе анализа возможности реализации технологического процесса при выпол-

нении технических требований к детали, технических возможностей, а так же конструктивных характеристик детали (габаритные размеры, материал, точность, конструктивные характеристики поверхностей и т. д.) и организационно технологических условий ее ремонта (схема базирования и фиксации, вид технологической операции, организационная форма процесса ремонта).

4.8. Расчет режимов восстановительных операций

Основные параметры режима обработки

Режим обработки определяют отдельно для каждой операции с разбивкой ее на переходы. В табл. 4.4 приведены различные способы ремонта и соответствующие им параметры режимов обработки, которые назначаются по нормативам.

Таблица 4.4

Параметры режимов обработки

Способ ремонта	Параметр
Обработка деталей на металлорежущих станках	Скорость резания, подача, частота вращения детали (инструмента) и др.
Ручная электродуговая сварка (наплавка)	Тип, марка и диаметр электрода, сила сварочного тока, род и полярность тока, напряжение дуги и др.
Ручная газовая сварка (наплавка)	Номер газовой горелки, вид пламени, марка присадочного материала и флюса и др.
Автоматическая наплавка	Марка и диаметр электродной проволоки или марка присадочного материала, сила сварочного тока, род и полярность тока, скорость наплавки, высота наплавляемого слоя за один проход, напряжение дуги, скорость подачи проволоки и др.
Электродуговое напыление (металлизация)	Сила электрического тока, напряжение, давление и расход воздуха, расстояние от сопла до детали, частота вращения детали, подача и др.

Способ ремонта	Параметр
Гальванические покрытия	Атомная масса, валентность, электромеханический эквивалент, выход металла по току, плотность тока, температура и вид электролита и др.

Вибродуговая наплавка

Диаметр электрода:

$$d_э = (1-1,6)h. \quad (4.1)$$

Сила тока:

$$I = (60-75) \frac{\pi d_{\text{ПР}}^2}{4}. \quad (4.2)$$

Скорость подачи электродной проволоки может быть подсчитана по формуле:

$$V_{\text{ПР}} = \frac{0,1IU}{d_{\text{ПР}}^2}, \quad (4.3)$$

где $V_{\text{ПР}}$ – скорость подачи проволоки, м/ч;

I – сила тока, А;

U – напряжение, В; $U = 14-20$ В

$d_{\text{ПР}}$ – диаметр электродной проволоки, мм.

Скорость наплавки $V_{\text{Н}}$, м/ч, рассчитывается по формуле

$$V_{\text{Н}} = \frac{0,785d_{\text{ПР}}^2 V_{\text{ПР}} \cdot \eta}{hSa}, \quad (4.4)$$

где η – коэффициент перехода электродного материала в наплавленный металл принимают равным 0,8–0,9;

h – заданная толщина наплавленного слоя (без механической обработки), мм;

S – шаг наплавки, мм/об;

a – коэффициент, учитывающий отклонения фактической площади сечения наплавленного слоя от площади четырехугольника с высотой h , $a = 0,8$.

Частота вращения детали:

$$n = \frac{1000V_H}{\pi D} \quad (4.5)$$

Между скоростью подачи электродной проволоки и скоростью наплавки существует оптимальное соотношение, при котором обеспечивается хорошее качество наплавки. Обычно $V_H = (0,4 - 0,8)V_{\text{ПР}}$.

Шаг наплавки:

$$S = (1,6 - 2,2)d_{\text{ПР}}. \quad (4.6)$$

Амплитуда колебаний:

$$A = (0,75 - 1,0)d_{\text{ПР}}. \quad (4.7)$$

Индуктивность (L , Гн)

$$L = \frac{51\pi d_{\text{ПР}}^2 V_{\text{ПР}} \gamma}{I_{\text{max}}^2 f}, \quad (4.8)$$

где I_{max} – максимальная сила тока в цепи, А (ее берут в два раза больше силы тока по амперметру);

f – частота колебаний, Гц.

Применяются следующие марки электродных проволок: Нп-65, Нп-80, Нп-30ХГСА и др.

Полярность обратная. Твердость наплавленного слоя зависит от химического состава электродной проволоки и количества охлаждающей поверхности. При наплавке проволокой Нп-60, Нп-80 и др. с охлаждением обеспечивается твердость 35-55 HRC.

Свободный вылет электрода $l = 10-12$ мм.

Оперативное время:

$$T_o = \frac{L_d}{nS}, \quad (4.9)$$

где L_d – длина наплавленной поверхности, мм.

Состав охлаждающей жидкости

- 1) 6 % кальцинированная сода
- 2) 3–4 % кальцинированная сода + 5 % нитроглицерин + вода;
- 3) 20 % нитроглицерин + вода

Таблица 4.5

Рекомендуемые режимы вибродуговой наплавки стальных деталей

Диаметр детали, мм	Толщина слоя наплавленного металла, мм	Диаметр электродной проволоки, мм	Сила тока наплавки, А	Скорость наплавки, мм/мин	Скорость подачи электродной проволоки, м/мин	Расход охлаждающей жидкости, л/мин	Шаг наплавки, мм/об	Амплитуда вибрации проволоки, мм	Угол подачи проволоки к деталям, град
20	0,3	1,6	120–150	2,2	0,6	0,2	1	1,5	35
40	0,7	1,6	120–150	1,2	0,4	0,4	1,3	1,8	35
60	1,1	2	150–210	1	0,8	0,5	1,6	2	45
80	1,5	2	150–210	0,6	1	0,6	1,8	2	45
100	2,5	2,5	150–210	0,3	1,1	0,7	2–3	2	45

Примечание. Ток постоянный обратной полярности. Напряжение дуги 12–15 В.

Таблица 4.6

**Рекомендуемые режимы вибродуговой
направки чугунных деталей**

Наплавочный материал	Толщина наплавленного слоя	Скорость подачи электрода, м/мм	Сила тока, А	Частота вращения детали, мин ⁻¹	Подача суппорта станка, мм/об	Пропуск на механическую обработку на сторону (не менее), мм
Проволока Ø 1,6...1,8 мм	0,6–0,7	1,3	120–140	1200: (πD)	1,8–2,2	0,4
	1,5	1,7	160–190	1000: (πD)	2,3–2,8	0,8
	2,5	1,7	160–190	370: (πD)	2,8–3,5	1
Проволока Ø 2,5 мм	2,5–3	1,7	300–350	200: πD	7,9	1
Лента сечением 0,5×10 мм	2,5–3	1,7	320–340	200: πD	7,9	1

Таблица 4.7

Режимы вибродуговой направки в среде углекислого газа

Толщина наплавленного слоя, мм	Диаметр электродной проволоки, мм		Сварочный ток, А		Рабочее напряжение, В	
	минимальный	максимальный	минимальный	максимальный	минимальный	максимальный
1,0	1,0	2,0	75–175	150–300	17–20	20–24
1,5	1,2	2,2	92–225	165–375	18–21	21–25
2,0	1,4	2,5	100–250	190–400	18–22	22–26
2,5	1,6	2,5	120–300	190–400	19–23	22–26
3,0	2,0	2,5	150–350	190–400	20–24	22–26

Наплавка в среде углекислого газа

Сила тока выбирается в зависимости от диаметра электрода и диаметра детали (табл. 4.8).

Скорость наплавки (V_n), частота вращения (n), скорость подачи электродной проволоки ($V_{пр}$), шаг наплавки (S), смещение электрода (l) определяются по тем же формулам, что и при наплавке под слоем флюса.

Таблица 4.8

Режимы наплавки в углекислом газе

Диаметр проволоки, мм	Диаметр детали, мм	I , А	U , В
0,8–1	10–20	70–95	18–19
	20–30	90–120	18–19
	30–40	110–140	18–19
1–1,2	40–50	130–160	18–20
1,2–1,4	50–70	140–175	19–20
1,4–1,6	70–90	170–195	20–21
1,6–2	90–120	195–225	20–22

Коэффициент наплавки при наплавке на обратной полярности $\alpha_H = 10\text{--}12$ г/А·ч. Вылет электрода равен 8–15 мм. Расход углекислого газа составляет 8–20 л/мин. Наплавка осуществляется проволоками Нп-30ХГСА, Св-18ХГСА, Св-08Г2С, в состав которых должны обязательно входить раскислители – кремний, марганец.

Твердость слоя, наплавленного низкоуглеродистой проволокой марки Св-08Г2С, Св-12ГС, составляет НВ 200–250, а проволоками с содержанием углерода более 0,3 % (30ХГСА и др.) после закалки достигает 50 HRC.

Плазменная наплавка

При плазменной наплавке расчет таких параметров режима как скорость, частота вращения, толщина покрытий рекомендуется выполнять соответственно по формулам (4.4)–(4.5), принятых для расчета режима наплавки под слоем флюса.

Рациональное значение силы тока при плазменной наплавке находится в пределах 200–230 А. Коэффициент наплавки $\alpha_H = 10\text{--}13$ г/А·ч.

Расход порошка определяется по формуле

$$Q = 0,1VSh\gamma K_{\Pi}, \quad (4.10)$$

где Q – расход порошка, г/с;

S – шаг наплавки, см/об ($S = 0,4\text{--}0,5$);

h – толщина наплавленного слоя, мм;

γ – плотность наплавленного металла, г/см³. Для порошковых твердых сплавов на железной основе $\gamma = 7,4$; для сплавов на никелевой основе $\gamma = 0,8$;

K_{Π} – коэффициент, учитывающий потери порошка, $K_{\Pi} = 1,12\text{--}1,17$.

Норма времени рассчитывается по тем же формулам, что и наплавка под слоем флюса.

Полярность прямая. Наплавка осуществляется на установках для плазменного напыления (УМП-6, УПУ-ЗД) и плазменной сварки (УПС-301), модернизированных под плазменную наплавку.

Электроконтактная наплавка лентой

Частота вращения детали, продольная подача сварочных клещей и частота следования импульсов являются важными параметрами процесса, определяющими его производительность. Соотношение этих величин подбирают так, чтобы обеспечить 6 и 7 сварных точек на 1 см длины сварного шва.

Рекомендуется следующий режим приварки ленты толщиной до 1 мм.

Сила сварочного тока – 16,1–18,1 кА.

Длительность сварочного цикла – 0,04–0,08 с.

Длительность паузы – 0,1–0,12 с.

Подача сварочных клещей – 3–4 мм/об.

Усилие сжатия электродов – 1,30–1,60 кН.

Ширина рабочей части сварочных роликов – 4 мм.

Скорость наплавки – 3–4 м/мин.

Частоту вращения детали, норму времени на наплавку рассчитывают аналогично расчету этих параметров при наплавке под слоем флюса.

При выборе материала ленты следует пользоваться данными, приведенными в табл. 4.9.

Таблица 4.9

Свойства наплавленного материала

Марка стали	Твердость наплавленного слоя, HRC	Марка стали	Твердость наплавленного слоя, HRC
Сталь 20	30–35	Сталь 55	50–55
Сталь 40	40–45	Сталь 40X	55–60
Сталь 45	45–50	Сталь 65Г	60–65

Автоматическая наплавка под слоем флюса

Выбор диаметра проволоки и силы тока можно выполнить по табл. 4.10.

Скорость наплавки V_H , м/ч

$$V_H = \frac{\alpha_H I}{h S \gamma}, \quad (4.10)$$

Таблица 4.10

Зависимость силы тока от диаметра детали

Диаметр детали, мм	Сила тока I , А, при диаметре электродной проволоки, мм	
	1,2–1,6	2,0–2,5
50–60	120–140	140–160
65–75	150–170	180–220
80–100	180–200	230–280
150–200	230–250	300–350
250–300	270–300	350–380

Частота вращения детали, n_D мин⁻¹

$$n_D = \frac{1000 V_H}{60 \pi d}. \quad (4.11)$$

Скорость подачи проволоки $V_{\text{ПР}}$, м/ч

$$V_{\text{ПР}} = \frac{4\alpha_{\text{н}}I}{\pi d_{\text{ПР}}^2 \gamma}. \quad (4.12)$$

Шаг наплавки S , мм/об

$$S = (2-2,5d_{\text{ПР}}). \quad (4.13)$$

Вылет электрода δ , мм

$$\delta = (10-12)d_{\text{ПР}}. \quad (4.14)$$

Смещение электрода l , мм

$$l = (0,05-0,07) \cdot d, \quad (4.15)$$

где $\alpha_{\text{н}}$ – коэффициент наплавки, г/А·ч (при наплавке постоянным током обратной полярности ($\alpha_{\text{н}} = 11-14$);

h – толщина наплавленного слоя, мм;

γ – плотность электродной проволоки, г/см³ ($\gamma = 7,85$);

$d_{\text{ПР}}$ – диаметр электродной проволоки, мм;

I – сила тока, А;

d – диаметр детали, мм.

В зависимости от необходимой твердости наплавленного слоя применяют следующие марки проволок и флюсов.

Наплавка проволоками Св-08А, НВ-30, НП-40, НП-60, НП-30ХГСА под слоем плавленных флюсов (АН-348А, ОСЦ-45) обеспечивает твердость НВ 187-300. Использование керамических флюсов (АНК-18, ШСН) с указанными проволоками позволяет повысить твердость до НРС-40-55 (без термообработки).

Газотермическое напыление

В табл. 4.11 приведены сведения о рекомендуемых способах газотермического напыления.

Режимы электродугового и газопламенного напыления приведены в табл. 4.12 и 4.13 соответственно.

Таблица 4.11

**Рекомендуемые способы газотермического напыления
для восстановления различных групп деталей**

Группа деталей	Восстанавливаемые поверхности	Материал деталей	Условия работы восстановленных поверхностей	Способ напыления
Корпусные детали автомобилей и двигателей	Плоскости, посадочные отверстия под подшипники	Чугун СЧ18	Температурные колебания. Ударные нагрузки. Осевые усилия	ПМО + ГПМ ПЭП + ПН (ДН)
		Сплавы алюминия		ПМО + ПН(ЭДМ) ПМО + ГПМ ЭП
Гильзы цилиндров двигателей	Посадочные пояски, зеркало цилиндра	Чугун модифицированный		ПМО + ГПМ ПЭП + ПН (ДН)
Головки блока автомобильных двигателей	Плоскости, гнезда клапанов	Чугун	Температурные колебания. Большие ударные нагрузки	ПМО + ГПМ ПЭП + ПН (ДН)
		Сплавы алюминия		ПМО + ПН(ЭДМ) ПМО + ГПМ ЭП
Шатуны автомобильных двигателей	Отверстие	Сталь 40Х, НВ 220...290	Ударные нагрузки	ПМО + ЭДМ ПЭП + ПН
Маховики автомобильных двигателей	Посадочная поверхность под венец	Чугун СЧ18, СЧ15	Большие нагрузки на сдвиг	ПМО + ГПМ ПЭП + ПН (ДН)
Коленчатые валы двигателей	Поверхности шеек	Сталь 50Г, 50ХФА, 45, 40Х, НРС 52...62	Ударные и изгибающие нагрузки	ПМО + ЭДМ ПЭП + ПН
Гладкие валы	Поверхности под сальники и подшипники	Различная сталь	Ударные нагрузки	ПМО + ПН ПМО + ГПМ (ЭДМ) ПЭП + ЭДМ (ПН)
Шестерни, шлицевые валы	Зубья шестерни, шлицы	Качественные стали		ПМО + ЭДМ ПЭП + ПН
Штоки гидроцилиндров	Поверхности	Качественные стали	Истирание восстановленных поверхностей	ПМО + ЭДМ ПЭП + ПН (ДН)

Группа деталей	Восстанавливаемые поверхности	Материал деталей	Условия работы восстановленных поверхностей	Способ напыления
Коромысла, вилки переключения, клапаны и другие детали	Посадочные поверхности	Качественные стали	Ударные нагрузки	ПМО + ЭДМ ПЭП + ПН
Рабочие органы специальных машин	Рабочие поверхности	Качественные стали	Значительные нагрузки на сдвиг. Повышенная износостойкость	ПМО + ЭДМ ПЭП + ПН
Примечание: ПМО – подготовка поверхности, механическая обработка; ГПМ – газопламенная металлизация; ЭДМ – электродуговая металлизация; ПН – плазменное напыление; ДН – детонационное напыление; ПЭП – подслои из экзотермического порошка; ЭП – экзотермический порошок				

Таблица 4.12

Режимы напыления покрытий
электродуговыми аппаратами ЭМ-3А

Покрытие	Давление сжатого воздуха, МПа	Напряжение на электродах, В	Производительность аппарата, кг/ч	Расстояние от сопла до поверхности детали, мм
Al–сталь (АЖ50)	0,49–0,59	20–40	2,0–2,4	100–125
Cu–сталь (МЖ75)	0,59–0,69	30–40	4,0–8,0	125–150
Латунь–сталь (ЛЖ75)	0,49–0,59	30–40	4,0–8,0	125–150
Al–Pb (АС50)	0,49–0,59	20–30	2,0–2,4	75–100

Таблица 4.13

Режимы газопламенного напыления покрытий
(диаметр проволоки 1,5 мм)

Покрытие	Производительность аппарата МГИ-1-57, кг/ч	Давление, Па	
		кислорода	горючего газа
Cu–Pb (MC25)	0,50–0,60	$(2,5–5,0) \cdot 10^5$	$(0,35–0,75) \cdot 10^4$
Al–Pb (AC50)	0,45–0,90	$2,5–5,0) \cdot 10^5$	$(0,35–0,75) \cdot 10^4$

Таблица 4.14

Технико-экономические характеристики методов
газотермического напыления покрытий

Характеристика	Газопламенный газ – пропан-бутан		Газопламенный сверхзвуковой «Jet Kote» (порошок)	Электродуговая металлизация (проволока)	Гиперзвуковая металлизация (проволока)	Плазменный (порошок)	Плазменный сверхзвуковой (порошок)	Детонационный (порошок)
	Проволока	Порошок						
Производительность напыления стального покрытия, кг/ч	4–6	5–9	До 10	10–14	До 25	6–8	До 8	2–3
Термический КПД, %	30–40	20–30	10–15	25–35	25–35	4–6	3–5	До 10
Максимальный коэффициент использования материала	0,9	0,95	0,85	0,85	0,90	0,85	0,85	0,80
Скорость частиц, м/с	100–120	20–50	До 700	80–150	250–450	130–200	300–500 70–100	До 1000
Прочность сцепления с основой, МПа	30–32	20–30	70–100	30–35	40–70	35–55	70–100	До 160
Удельная себестоимость, \$/кг		15–25	40–60	5–9	6–10	28–32	35–40	До 50

Таблица 4.15

Эксплуатационные характеристики некоторых систем высокоскоростного газопламенного напыления

Система	Расход, м ³ /ч		Величина β	Расход воздуха, м ³ /ч	Дистанция, мм
	топливо	кислород			
Jet Kote	водород 25,9	18,1	0,7	–	200–250
	пропан 4,8	20,0	4,2	–	230–250
Top Gun Cas	водород 25,9	13,0	0,5	–	230–250
	пропан 4,8	15,0	3,0	–	250–280
DJ 2600	водород 36,2	12,8	0,45	20,6	230–250
DJ 2700	пропан 4,2	15,2	4,8	22,0	
JP 5000	керосин 21 л/ч	53,8	4,2	–	350–380
Top Gun K2	керосин 18 л/ч	46,1	4,2	–	300–350
ТСЗП-НВАФ-АК07	водород 2,0 + пропан 4,0	окислитель – воздух 100	–	100	230–270
ТСЗП-GLC-720	пропан 4,9	13,0	–	54	230–250

Электролитическое натирание

Для восстановления валов и осей используется любой токарный станок. Деталь, являющаяся катодом, закрепляется в патроне. Соприкасающийся с ее поверхностью анод перемещается относительно поверхности детали с определенной скоростью. Анод обматывается адсорбирующим материалом, ватой, чехлом из сукна. В процессе электролиза электролит пополняется непрерывной подачей или путем опускания электрода в сосуд с раствором.

Разработана установка для электронатирания 0113-006 Ремдеталь. Она включает в себя вращатель; ванны для приготовления электролита, обезжиривания и железнения; электрический шкаф; насосный агрегат Х2/40 и выпрямительный агрегат ВАКР-630-12УЧ. Производительность нанесения железного покрытия при толщине слоя 1 мм составляет более 0,1 м²/ч.

Технологический процесс электролитического натирания включает в себя: предварительную механическую обработку, обезжиривание, промывку горячей и холодной водой, травление (декапирование) с последующей промывкой водой, нанесение покрытия.

Обезжиривание и травление удобно вести натиранием, используя для этих целей специальные тампонодержатели и растворы.

Для электролитического обезжиривания рекомендуют электролит следующего состава: 20 г/л едкого натра NaOH, 30 г/л карбоната натрия $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$, 10 г/л тринатрий фосфата $\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$. Время обезжиривания 25–30 с при $D_k = 15\text{--}25 \text{ кА/м}^2$.

Анодное травление ведут в течение 3–6 с раствором соляной кислоты HCl (30–40 г/л) или серной H_2SO_4 (100–130 г/л) при $D_a = 10\text{--}15 \text{ кА/м}^2$.

Рекомендуется электролит следующего состава, г/л:

- железо серноокисное закисное – 50;
- железо хлористое – 100–150;
- титан щавелекислый – 15–20;
- аммоний серноокислый – 100–150.

Режим: температура 30–40°C, плотность тока на катоде 20–30 А/дм².

Продолжительность электролиза t определяют по формуле

$$T_o = \frac{1000h\gamma}{D_k\eta C}, \quad (4.16)$$

где h – средняя толщина покрытия, мм;

γ – плотность осаждаемого металла, г/см³ (хромирование $\gamma = 6,9$; железнение $\gamma = 7,8$);

D_k – плотность тока, кА/м²;

C – электрохимический эквивалент металла, г/А·ч (хромирование $C = 0,323$; железнение – $C = 1,042$);

η – выход металла по току, %. Для хромирования – 12–15 %, для железнения 80–95 %.

Для улучшения прочности сцепления в начальный период осаждения металла следует поддерживать плотность тока не более 3–4 кА/м², затем постепенно ее повышать до номинальных значений.

Оптимальной температурой термической обработки в течение 1 ч электролитического железа 300–400 °С.

Норма времени T_n определяется выражением

$$T_n = \frac{(T_o + T_1)K_{ПЗ}}{n_d\eta_{И}}, \quad (4.17)$$

где T_0 – продолжительность электролитического осаждения металлов в ванне, ч;

T_1 – время на загрузку и выгрузку деталей ($T_1 = 0,1-0,2$ ч);

$K_{ПЗ}$ – коэффициент, учитывающий дополнительное и подготовительно-заключительное время (при работе в одну смену $K_{ПЗ} = 1,1-1,2$; в две смены $K_{ПЗ} = 1,03-1,05$);

n_d – число деталей, одновременно наращиваемых в ванне

$\eta_{И}$ – коэффициент использования ванны ($\eta_{И} = 0,8-0,95$).

Полимерные композиции

Нормирование времени на заделку трещин в корпусных деталях полимерными композициями определяется по формуле

$$t_{Ш.К} = 1,08 \left[t_{ОП.1} + t_{ОП.2} + 10^{-3} fl\gamma(t_{ОП.3}G_1 + t_{ОП.4} / G_2) + t_{ОП.5} + t_{В.2} \right] + \frac{5}{Z}, \quad (4.18)$$

где 1,08 – коэффициент, учитывающий время на обслуживание рабочего места и личные надобности рабочего;

$t_{ОП.1}$ – оперативное время на подготовку трещин (засверливание отверстий, вырубку и зачистку абразивным кругом), мин (табл. 4.15);

$t_{ОП.2}$ – время на обезжиривание трещины и поверхности вокруг нее, мин (табл. 4.17);

f – площадь поперечного сечения шва (валика композиции в трещине), мм²;

l – длина трещины, мм;

γ – плотность композиции, г/см³ (для композиции эпоксидной смолы и железного порошка с соотношением по массе 1:1 принимают $\gamma = 4,5$, а с соотношением по массе эпоксидной смолы и алюминиевого порошка 1:0,2 – $\gamma = 1,4$);

$t_{ОП.3}$ – время на предварительное приготовление композиции массой G_1 (до 1 кг – 8,1 мин; от 1 до 3 кг – 13 мин);

$t_{ОП.4}$ – время на окончательное приготовление дозы композиции массой G_2 на рабочем месте, т. е. взвешивание, введение отвердителя и перемешивание (табл. 4.16);

$t_{ОП.5}$ – время нанесения композиции на трещину и ее уплотнения (табл. 4.16);

$t_{В.2}$ – время на установку, поворот и снятие изделия (табл. 4.18);
 5 – подготовительно-заключительное время на партию деталей, мин;

Z – число деталей в партии.

Таблица 4.16

Затраты времени на подготовку трещины,
 окончательное приготовление дозы, нанесение
 и уплотнение полимерной композиции

Время на подготовку трещины		Время на окончательное приготовление дозы		Время нанесения и уплотнения композиции	
Длина трещины, мм	$t_{оп.1}$, мин	Масса дозы G_2 , г	$t_{оп.4}$, мин	Длина трещины, мм	$t_{оп.5}$, мин
До 25	7,5	До 50	5,4	До 25	0,20
25–40	9,0	50–100	5,5	25–90	0,45
40–65	13,5	100–150	6,5	90–150	0,55
65–100	18	150–200	8,0	150–250	0,85

Таблица 4.17

Время на обезжиривание трещины и поверхности вокруг нее

Площадь поверхности, см ³	До 100	100–200	200–400	400–600	600–800	800–1000
$t_{оп.2}$, мин	0,2	0,9	1,4	1,6	1,9	2

Таблица 4.18

Вспомогательное время на установку, поворот и снятие изделия, $t_{В.ч}$

Элементы операции, мин	Масса изделия, кг				
	До 5	5–10	10–15	15–20	20–200
1. Поднести, уложить, снять и отнести деталь:					
– работа на столе	0,24	0,39	0,49	0,53	2,70
– в приспособлении	0,35	0,58	0,71	0,78	2,70
2. Повернуть деталь	0,12	0,19	0,24	0,26	1,60

4.9. Обоснование выбора рационального способа восстановления

Для выбора рационального способа восстановления детали и повышения точности этого выбора целесообразно пользоваться следующей методикой. По чертежу детали выбирается класс и группа, к которой она относится по конструкторско-технологическим признакам (табл. 4.19).

Для выбора конкурентных способов восстановления используются конструктивные и технологические характеристики деталей, учитывающие восемь наиболее важных признаков: форму, размеры, толщину покрытия, твёрдость поверхности, усталостную прочность элементов детали, характер действующих нагрузок. На основании этих признаков определены возможные способы восстановления деталей и удельные показатели технического уровня технологии, экономической эффективности и технического уровня детали после восстановления (табл. 4.20).

Для удобства пользования таблицей способы зашифрованы:

- 1 – вибродуговая наплавка в среде жидкости + шлифование;
- 2 – наплавка в углекислом газе + точение, закалка ТВЧ и шлифование;
- 3 – железнение проточное безванное на переменном токе + шлифование;
- 4 – электроискровая обработка + шлифование;
- 5 – механическая обработка (кроме способа ремонтных размеров);
- 6 – полимерные композиции.

В табл. 4.20 для каждого класса деталей представлены конкурирующие способы и удельные показатели на 1 дм^2 поверхности: удельные энергозатраты W , расход материалов на восстановление единицы поверхности Q , показатель использования площади β (отношение производственной площади технологического комплекса оборудования к производительности труда процесса нанесения материала при данном способе восстановления), трудоёмкость T , себестоимость восстановления C и относительная долговечность α .

Таблица 4.19

Распределение восстанавливаемых деталей по классам и группам

Классы деталей	Группы деталей					
	1	2	3	4	5	6
I. Корпусные	Картеры мостов, блоки цилиндров, картеры редукторов	Картеры коробок передач	Корпуса насосов, подшипников	–	–	–
II. Полые цилиндры	Ступицы колес, барабаны тормозные	Чашки дифференциала	Гильзы цилиндров, стаканы подшипников	–	–	–
III. Валы	Полуоси	Валы коленчатые	Валы с шестернями	Валы шлицевые	Оси, штанги	Клапаны, толкатели
IV. Диски	Шестерни, маховики, диски	Фланцы, шкивы, крыльчатки	–	–	–	–
V. Стержни некруглые	Штанги, рычаги, шатуны, сошки, тяги, вилки	–	–	–	–	–
VI. Крышки и кронштейны	Крышки картера, кронштейны колодок, крышки подшипников, насосов, шестерён	–	–	–	–	–
VII. Детали не группирующиеся	Лонжероны, балки, колодки, опоры, кулаки поворотные, упоры	–	–	–	–	–

Таблица 4.20

**Удельные показатели способов восстановления
по классам и группам**

Класс детали и возможные способы её восстановления	Группа	Удельные показатели на 1 дм ² поверхности					Относительная долговечность, α
		W, кВт.ч	Q, кг	β, м ²	T, чел.-ч	C, у.е.	
1	2	3	4	5	6	7	8
I. Корпусные детали							
Железнение (3)	1	3,1	0,2	6,5	0,41	0,7	0,91
Механическая обработка (5)		2,6	2,4	4,4	0,34	0,8	0,90
Полимерные композиции (6)		0,2	0,1	0,2	0,18	0,3	–
Железнение (3)	2	4,4	0,2	4,1	0,64	1,1	0,91
Механическая обработка (5)		2,7	3,8	4,5	0,51	1,0	0,90
Полимерные композиции(6)		0,2	0,1	0,2	0,16	0,3	–
Железнение (3)	3	4,0	0,2	3,4	0,74	1,2	0,90
Механическая обработка (5)		2,6	4,1	4,4	0,34	4,0	0,90
Полимерные композиции (6)		0,2	0,1	0,2	0,32	0,4	–
II. Полюе цилиндры							
Наплавка вибродуговая (1)	1	1,8	0,1	3,0	0,29	0,5	0,98
Наплавка в среде газа (2)		4,3	0,1	1,7	0,33	0,6	0,80
Механическая обработка (5)		2,1	3,1	3,4	0,27	0,6	0,90
Наплавка вибродуговая (1)	2	1,9	0,1	4,7	0,47	0,8	0,98
Наплавка в среде газа (2)		4,4	0,1	2,8	0,53	1,0	0,80
Механическая обработка (5)		2,7	3,0	4,4	0,35	0,9	0,90
Наплавка вибродуговая (1)	3	1,8	0,1	3,1	0,30	0,6	0,98
Наплавка в среде CO ₂ газа (2)		4,3	0,1	1,8	0,34	0,7	0,80
Железнение (3)		3,5	0,2	10,8	0,50	0,8	0,91
Механическая обработка (5)		3,0	3,2	5,1	0,40	1,0	0,90
III. Круглые стержни							
Наплавка вибродуговая (1)	1	2,1	0,1	3,0	0,40	0,7	0,98
Наплавка в среде CO ₂ газа (2)		4,3	0,1	2,0	0,39	0,7	0,80
Наплавка вибродуговая (1)	2	1,7	0,1	3,0	0,44	0,8	0,98
Наплавка в среде CO ₂ газа (2)		4,1	0,1	1,5	0,35	0,7	0,80
Механическая обработка (5)		0,5	0,1	1,1	0,10	0,4	0,90
Наплавка вибродуговая (1)	3	2,1	0,1	4,5	0,56	1,0	0,98
Наплавка в среде CO ₂ газа(2)		4,3	0,1	2,6	0,54	1,0	0,80
Электроискровая обработка(4)	4	2,0	0,01	4,8	0,46	0,8	1,10
Наплавка вибродуговая (1)		2,1	0,1	4,1	0,47	0,9	0,98

Окончание табл. 4.20

1	2	3	4	5	6	7	8
Наплавка в среде CO ₂ газа(2)		4,3	0,1	2,5	0,46	0,9	0,80
Электроискровая обработка(4)		1,3	0,01	2,6	0,25	0,4	1,10
Наплавка вибродуговая (1)	5	2,2	0,1	3,4	0,44	0,8	0,98
Наплавка в среде CO ₂ газа(2)		4,4	0,1	2,4	0,43	0,8	0,80
Механическая обработка (5)	6	0,9	0,2	1,2	0,08	0,4	0,90
IV. Диски							
Наплавка вибродуговая (1)	1	2,1	0,1	4,2	0,47	0,8	0,96
Наплавка в среде CO ₂ газа (2)		4,3	0,1	2,4	0,47	0,8	0,80
Наплавка вибродуговая (1)	2	1,9	0,1	4,6	0,44	0,7	0,98
Наплавка в среде CO ₂ газа(2)		4,3	0,1	2,7	0,51	0,9	0,80
V. Некруглые стержни							
Железнение (3)	1	0,4	0,2	3,5	0,16	0,3	0,91
Механическая обработка (5)		1,7	2,0	2,6	0,33	0,8	0,90
VI. Кронштейны, крышки							
Механическая обработка (5)	2	2,6	6,6	4,4	0,34	1,3	0,90
VII. Детали, требующие специальной оснастки							
Наплавка вибродуговая (1)	3	1,8	0,1	3,4	0,34	0,6	0,98
Наплавка в среде CO ₂ газа (2)		4,3	0,1	1,9	0,38	0,7	0,80
Железнение (3)		1,5	0,2	4,6	0,33	0,6	0,91
Электроискровая обработка (4)		1,3	0,01	2,6	0,25	0,4	1,10

Таблица 4.21

Удельные показатели способов восстановления

Способы восстановления	Удельные показатели на 1 дм ² поверхности					Относительная долговечность, α
	W, кВт·ч	Q, кг	β ₂ , м ²	T, чел.-ч	C, у.е.	
Газопламенное напыление:						
– проволокой	0,98	0,17	2	0,034	1,7	0,8
– порошком	0,67	0,16	2	0,023	4	0,8
Газопламенное сверхзвуковое напыление	0,7	0,18	5	0,018	9	0,8
Дуговое напыление	0,3	0,18	1,8	0,015	1,26	0,8
Гиперзвуковое напыление	0,3	0,17	5,4	0,085	1,7	0,8
Плазменное напыление	1,25	0,18	6	0,025	5,04	0,8
Плазменное сверхзвуковое напыление	1,3	0,18	10	0,03	7,2	0,8
Газопламенная наплавка	0,47	0,17	0,25	0,34	0,34	0,8

Способы восстановления	Удельные показатели на 1 дм ² поверхности					Относительная долговечность, α
	W , кВт-ч	Q , кг	β_3 , м ²	T , чел.-ч	C , у.е.	
Газодинамическое напыление	0,02	0,07	3	0,014	1,3	0,8
Электроискровая обработка	0,45	0,2	1,5	0,07	3,5	0,8
Гальваническое натирание	3,1	0,2	6,5	0,41	0,7	0,8

4.10. Расчёт толщины покрытия

Для обработки деталей, восстанавливаемых железнением, газотермическим напылением, полимерными материалами чаще всего применяют абразивную обработку, при восстановлении поверхностей наплавкой сплошной проволокой в среде углекислого газа используют обработку лезвийным инструментом.

После назначения последовательности операций и выбора базовых поверхностей необходимо произвести расчёт толщины наносимого материала при восстановлении детали.

Толщина покрытия h , мм, наносимого на наружные цилиндрические поверхности, определяется по следующей формуле:

$$h = \frac{I}{2} + z_1 + z_2, \quad (4.19)$$

где I – износ детали, мм;

z_1 – припуск на обработку перед покрытием, мм (на сторону);

z_2 – припуск на механическую обработку после нанесения покрытия, мм (на сторону, табл. 4.22)

Таблица 4.22

Припуск на механическую обработку при восстановлении деталей различными способами

Способ восстановления	Минимальный односторонний припуск z_2 , мм
Ручная электродуговая наплавка	1,4–1,7
Наплавка под слоем флюса	0,8–1,1

Способ восстановления	Минимальный односторонний припуск z_2 , мм
Вибродуговая наплавка	0,6–0,8
Наплавка в среде углекислого газа	0,6–0,8
Плазменная наплавка	0,4–0,6
Аргонно-дуговая наплавка	0,4–0,6
Электроконтактная наплавка	0,2–0,5
Газотермическое напыление	0,2–0,5
Железнение	0,1–0,20
Хромирование	0,05–0,1

Ориентировочные значения припусков при разных видах обработки z_1 (на сторону) – точение чистовое 0,1–0,2
 черновое 0,2–2,0
 шлифование черновое 0,1–0,2
 чистовое 0,01–0,06.

4.11. Расчет режимов операций механической обработки

Токарная обработка

При обработке наплавленных поверхностей добавляются следующие факторы, влияние которых приводит к необходимости снижения скорости резания: макронеровности наплавленной поверхности, достигающие высоты до 1 мм; засоренность поверхностных слоев неметаллическими включениями высокой твердости; повышенная пористость наружного слоя наплавки и т. п.

Рекомендуемые режимы резания при токарной обработке наплавленного металла приведены в табл. 4.23–4.35.

По расчётному или выбранному значению скорости резания определяется частота вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000V}{\pi d_d}, \quad (4.20)$$

где V – скорость резания, м/мин;

d_d – диаметр детали (отверстия), мм.

Принимаем частоту вращения шпинделя по паспорту станка, близкую к расчётной.

Таблица 4.23

**Физико-механические свойства и области
применения твердых сплавов**

Марка	Свойства			Область применения
	плотность, г/см ³	предел прочности на изгиб, ГПа	твердость HRA	
1	2	3	4	5
Вольфрамовая группа				
ВК3	15,0	1,1	89,0	Чистовая обработка серого чугуна, цветных металлов и неметаллических материалов
ВК8	14,6	1,6	87,5	Черновая обработка серого чугуна, цветных металлов и сплавов. Обработка высокопрочных, коррозионно-стойких и жаропрочных, титановых сплавов. Черновая обработка наплавленных материалов с малыми скоростями резания
ВК3-М	15,2	1,1	92,0	Черновая обработка закаленных, легированных и отбеленных чугунов, цементированных и закаленных сталей, неметаллических и наплавленных материалов твердостью HRC < 40
ВК6-М	15,0	1,45	90,0	Получистовая обработка жаропрочных, нержавеющей, углеродистых и легированных сталей, специальных и закаленных чугунов, твердой бронзы и сплавов легких металлов. Получистовая обработка наплавленных материалов с малыми скоростями резания
ВК6-ОМ	14,5	1,3	91,0	Чистовая и получистовая обработка твердых легированных и отбеленных чугунов, легированных, закаленных, коррозионно-стойких, высокопрочных и жаропрочных сплавов. Чистовая обработка наплавленных материалов

Продолжение табл. 4.23

1	2	3	4	5
ВК10-ОМ	14,4	1,5	90,0	Чистовая и получистовая обработка твердых, легированных и отбеленных чугунов, некоторых марок коррозионностойких, высокопрочных, жаропрочных сплавов, сплавов на основе титана, вольфрама, молибдена. Обработка наплавленных материалов с малыми скоростями резания
Титано-вольфрамовая группа				
Т30К4	9,6	0,90	92,0	Чистовая обработка незакаленных и закаленных сталей
Т15К6	11,5	1,15	89,0	Чистовая и получистовая обработка углеродистых и легированных сталей и наплавленных материалов
Т5К10	13,0	1,35	87,5	Тяжелая черновая обработка углеродистых и легированных сталей, наплавленных материалов высокой твердости
Титано-тантало-вольфрамовая группа				
ТТ7К12	13,2	1,60	87,0	Тяжелая черновая обработка углеродистых и легированных сталей, наплавленных материалов высокой твердости
ТТ10К8-Б	13,6	1,45	89,0	Черновая и получистовая обработка нержавеющей сталей аустенитного класса, маломагнитных, жаропрочных, титановых сплавов, наплавленных материалов высокой твердости
ТТ20К9	12,5	1,30	89,0	Прерывистая обработка сталей и сплавов, черновая обработка твердых наплавленных материалов
Безвольфрамовая группа				
ТН20	5,5	0,9	90,0	Чистовая и получистовая обработка низколегированных и углеродистых сталей, цветных сплавов на основе меди, чугунов, никелевых сплавов, полиэтилена
ТН30	5,8	1,10	88,5	Получистовая обработка легированных и углеродистых сталей, чугунов и цветных металлов

1	2	3	4	5
КНТ16	5,8	1,1	89,0	Получистовая обработка легированных и углеродистых сталей, чугунов и цветных металлов
ТМ1	5,0	0,8	92,0	Чистовая обработка низколегированных и углеродистых сталей, цветных металлов, сплавов и чугунов
СТИМ 3Б	5,4	1,3	92,0	Чистовая и получистовая обработка легированных и углеродистых сталей, чугунов и цветных металлов, наплавленных нержавеющей сталей

Таблица 4.24

**Ориентировочные значения режимов обработки
резцами из минералокерамики**

Обрабатываемый материал	Режим резания		
	V , м/мин	s , мм/об	t , мм
Серый чугун (170–240 НВ)	150–600	0,1–0,6	0,1–4,0
Отбеленный чугун (54–60 HRC)	50–150	0,1–0,35	0,3–2,0
Ковкий чугун (163–269 НВ)	200–850	0,15–0,4	0,1–2,0
Термообработанные стали независимо от химического состава:			
49–63HRC	70–200	0,08–0,3	0,1–0,5
32–45HRC	150–300	0,1–0,35	0,1–1,5
Конструкционные и низкоуглеродистые стали ($\sigma_{\text{в}} = 500$ МПа)	250–500	0,2–0,5	0,5–5,0
Медь и ее сплавы	400–700	0,2–0,5	2,0–5,0

Таблица 4.25

Режимы точения резцами из природных алмазов

Обрабатываемый материал	Скорость резания, м/мин	Продольная подача, мм/об	Глубина резания, мм	Шероховатость обработанной поверхности Ra, мкм
Алюминий и его сплавы	400–700	0,01–0,06	0,01–0,2	0,01–0,16
Бронза	250–600	0,02–0,04	0,03–0,2	0,08–0,32
Латунь	400–700	0,02–0,06	0,03–0,06	0,02–0,32
Баббит	400–500	0,01–0,05	0,05–0,2	0,08–0,32
Медь	300–500	0,01–0,04	0,01–0,2	0,01–0,16
Оргстекло	300–500	0,02–0,03	0,05–0,3	0,02–0,32

Таблица 4.26

**Режимы резания при алмазном точении
и растачивании цветных металлов и сплавов**

Обрабатываемый материал	V , м/с	s , мм/об	t , мм
Алюминий и алюминиевые сплавы	5–20	0,02–0,3	0,01–2,0
Силумины (до 26 % Si)	1–5	0,02–0,3	0,01–2,0
Медь и медные сплавы	3–15	0,02–0,3	0,01–2,0
Спеченные твердые сплавы	0,25–0,65	0,01–1,0	0,01–1,0
Титановые сплавы	1–2,5	0,02–0,2	0,01–0,5

Таблица 4.27

**Скорости резания (м/с) инструментами
из ПСТМ и твердых сплавов**

Обрабатываемый материал	Материал инструмента	
	ПСТМ на основе КНБ	Твердый сплав
Сталь 150–250 НВ	1,66	2,1–5,0
45–55 HRC	1,33–2,66	0,6–1,15
60–70 HRC	1,0–2,0	0,15–0,5
Серый чугун 120–240НВ	6,66–16,66	1,66–3,33
Высокопрочный чугун 160–330НВ	5,0–13,33	0,83–1,66
Отбеленный и закаленный чугун 40–60HRC	0,83–2,5	0,15–0,30

Таблица 4.28

Режимы чистового точения деталей с покрытиями

Обозначение (материал) покрытия	Твердость покрытия, HRC	V , м/с	s , мм/об	t , мм	Ra , мкм
ЦН-6 (08X17H8C6Г)	30–35	1,8–2,5	0,03–0,05	0,2	1,1–2,02
ЦН-12 (13X16H8M5C5Г4Б)	30–35	1,8–2,5	0,3–0,5	0,2	4,3–5,1
Нп-12X18H9Т	35	2,0	0,075	0,15	0,8
Нп-30ХГСА	48–52	1,5	0,07	0,1	0,3–0,8
ПП-Нп-30X5Г2СМ	52	1,6	0,075	0,15	0,63
ПП-Нп-10X14Т	56	1,8	0,15	0,2	1,25
СНГН-55 (70H80X15C4P3)	50–56	2,4	0,075	0,1	0,63–1,25
ПЛ-АН101 (300X25M3H3Г2)	62	0,33–0,80	0,02–0,1	0,05–0,15	0,63–1,25
ПЛ-АН171 (100X20P4C3Г2)	60	2,2	0,06	0,1	0,63

Таблица 4.29

Режимы точения наплавленных покрытий (45–60 HRC)

Марка материала инструмента	V , м/с	t , мм	s , мм/об	Ra , мкм
ВКЗ-М, ВК-6М	0,3–0,65	0,3–2,0	0,1–0,3	1,5–2,5
Композит 01, 10	0,6–1,0	0,1–0,5	0,04–0,1	0,63–1,5

Таблица 4.30

Режимы резания наплавленных материалов
твердосплавным инструментом

Обозначение наплавочного материала	Материал инструмента	V , м/с	s , мм/об	t , мм	Стойкость реза T , мин
Проволока: Св-08	T15K6	100	0,7	2,0	30
Нп-30ХГСА	T15K6	90–120	0,15–0,25	2,0–3,0	15–20
Нп-12Х18Н9Т	T15K6	130–150	0,10–0,15	0,3–0,5	30
	ВК8	70–120	0,15	1	25–30
Нп-08Х20Н9Г7Т	T15K6	70	0,075	0,15	35–40
	ВК6	120–160	0,22–0,27	2,0	12–15
	ТГ7К8	80	0,20–0,25	2,0	30–35

Таблица 4.31

Режимы обработки наплавленных деталей
резцами из композита 10

Твердость покрытия, HRC	V , м/с	s , мм/об	t , мм
20–30	1,6–1,0	0,12–0,15	0,7–1,0
30–30	1,3–1,6	0,10–0,12	0,5–0,7
40–50	0,8–1,3	0,07–0,10	0,3–0,5
50–60	0,5–0,8	0,05–0,07	0,2–0,3

Таблица 4.32

Ориентировочные скорости резания (м/мин)
при точении наплавленных покрытий

Инструментальный материал		Твердость (HRC) наплавленных материалов типа А, В, С, D			
		30–40	40–50	50–60	60–65
Твердый сплав	ВК	15–17	11–15	7–11	5–7
	ТК	18–21	14–18	11–14	8–11
	ТТК	21–24	17–21	14–17	12–14
Безвольфрамовый твердый сплав		16–18	13–16	11–13	7–11
Керамика ВОК		30–33	27–30	27	21–24
ПСТМ, композиты	01	72–76	66–72	60–66	54–60
	05	78–84	72–78	66–72	60–66
	09	108–120	96–108	96	90
	10	108–120	96–108	90–96	81–90
	Киборит	108–120	96–108	90–96	81–90
	Томал-10	96–108	90–96	87–90	78–82

Таблица 4.33

Режимы точения деталей с покрытием ПГ-СР4

Операция	Состояние поверхности покрытия	Режимы резания		
		V , м/с	s , мм/об	t , мм
Точение	Корка	1,0–1,2	0,15	До 1,5
	Основной металл покрытия	1,3–1,8	0,1	0,3–0,5
Подрезка торца	Корка	1,0–1,2	0,1	До 1,5
	Основной металл покрытия	1,3–1,8	0,07	0,3–0,5

Таблица 4.34

Режимы обработки наплавленных поверхностей

Способ нанесения покрытия	V , м/с	s , мм/об	t , мм
Напыление порошка с оплавлением:			
ПГ-10Н-01	0,7–1,0	0,1–0,15	0,5–1,5
ПГ-12Н-01	1,0–1,5	0,1–0,20	0,5–1,5
ПГ-СР3	0,8–1,6	0,1–0,20	0,5–1,5
Наплавка проволокой Нп-65Г	1,5–2,0	0,1–0,25	0,5–2,0

Таблица 4.35

Режимы чернового точения деталей с покрытиями

Обозначение (материал) покрытия	HRC	V , м/с	s , мм/об	t , мм	Средняя стойкость, мин
ПЛ-АН171 (100Х20Р4С3Г2)	62	1,8	0,06	0,3	15
ПП-Нп-10Х14Т	56	1,5	0,15	1,5	26
СНГН-55 (70Н30Х15С4Р3)	56	1,8	0,06	0,25	18
ПП-Нп-30Х5Г2СМ	52	1,05	0,09	0,3	30
Нп-12Х18Н9Т	35	1,2	0,15	1,0	45

При напылении покрытий толщиной более 1,0 мм на детали, работающие в условиях повышенных нагрузок (особенно срезающих), применяют специальную механическую обработку (нарезание равной резьбы, фрезерование насечки, фрезерование канавок клиновидной формы, ручная или механизированная насечка, косая сетчатая накатка) (табл. 4.36).

Таблица 4.36

Рекомендуемые режимы нарезания равной резьбы на стальных деталях

Диаметр детали, мм	Смещение резца, мм	Частота вращения детали, мин ⁻¹	Диаметр детали, мм	Смещение резца, мм	Частота вращения детали, мин ⁻¹
10	1	300	100	4,5	30
15	1,5	210	150	5	20
20	2	150	200	6	15
25	2,5	135	250	7,5	13
30	2,5	100	300	9	10
35	3	95	350	11	9
40	3	75	400	13	7
45	3	70	450	15	6
50	3,5	60	500	16	5
75	4	45	–	–	–

Фрезерование

Режимы фрезерования представлены в табл. 4.37–4.38.

Таблица 4.37

Режимы торцового фрезерования инструментом из композита

Обрабатываемый материал	Марка композита	Скорость резания, м/мин	Продольная подача, мм/зуб	Поперечная подача, мм/ход
Стали конструкционные и легированные, нетермообработанные (≤ 30 HRC)	01, 10, 10Д	400–900	0,01–1	0,05–2
Стали конструкционные, легированные, инструментальные, закаленные (35–55 HRC)		200–600	0,01–0,1	0,05–1,2
Стали закаленные, цементируемые (55–70 HRC), кроме быстрорежущих		80–300		0,05–0,8
Стали быстрорежущие, закаленные (60–70 HRC)		20–40		0,05–0,8
Чугуны серые и высокопрочные (150–300НВ)	01, 05, 10, 10Д	800–3000		0,05–6,0
Чугуны отбеленные, закаленные (400 НВ)	01, 05, 10	200–800		0,05–1,0

Таблица 4.38

Режимы резания при фрезеровании наплавленных материалов

Наплавка	Торцовое фрезерование			Фрезерование шпоночных пазов			Фрезерование шлицевых пазов		
	V , м/с	S , мм/зуб	t , мм	V , м/с	S , мм/зуб	t , мм	V , м/с	S , мм/зуб	t , мм
НП-Св08	2,0–2,5	0,05–0,2	1,0–2,0	1,5–1,8	0,15–0,18	3,0–5,0	0,5–0,6	0,08–0,1	3,0–5,0
	2,0–2,5	0,06–0,12	0,2–0,4	0,3–0,4	0,08–0,12				
Нп-У8А	1,8–2,4	0,05–0,2	1,0–2,0	1,2–1,6	0,15–0,18	3,0–5,0	0,4–0,5	0,06–0,08	3,0–5,0
	1,8–2,2	0,05–0,1	0,2–0,4	0,3–0,4	0,08–0,12				

Наплавка	Торцовое фрезерование			Фрезерование шпоночных пазов			Фрезерование шлицевых пазов		
	V , м/с	S , мм/зуб	t , мм	V , м/с	S , мм/зуб	t , мм	V , м/с	S , мм/зуб	t , мм
Нп-30ХГСА	2,0– 2,6	0,05– 0,1	1,0– 2,0	0,8– 1,2	0,1– 0,12	3,0– 5,0	0,3– 0,4	0,04– 0,05	3,0– 5,0
	1,5– 2,0	0,04– 0,08	0,2– 0,4	0,2– 0,3	0,05– 0,1				
Нп-12Х18Н9Т	2,0– 2,6	0,05– 0,1	1,0– 2,0	0,8– 1,2	0,1– 0,12	3,0– 5,0	0,2– 0,4	0,04– 0,05	3,0– 5,0
	1,5– 2,0	0,04– 0,08	0,2– 0,4	0,2– 0,3	0,05– 0,1				
ПП-Нп-25Х5ФМС	1,5– 2,0	0,05– 0,1	0,8– 1,5	0,6– 0,8	0,08– 0,1	2,0– 4,0	0,2– 0,3	0,04– 0,05	2,0– 4,0
	1,2– 1,6	0,03– 0,06	0,1– 0,3	0,2– 0,3	0,04– 0,06				
	1,5– 2,0	0,05– 0,1	0,8– 1,5	0,6– 0,8	0,08– 0,1				
ПП-Нп-10Х14Т	1,5– 2,0	0,05– 0,1	0,8– 1,5	0,6– 0,8	0,08– 0,1	2,0– 4,0	0,15– 0,2	0,02– 0,04	2,0– 4,0
	1,2– 1,6	0,03– 0,06	0,1– 0,3	0,15– 0,2	0,02– 0,04				
	1,3– 1,6	0,05– 0,1	0,8– 1,5	0,6– 0,8	0,06– 0,08				
ПП-Нп-30Х5Г2СМ	1,1– 1,3	0,02– 0,04	0,1– 0,3	0,15– 0,2	0,02– 0,04	2,0– 4,0	0,1– 0,15	0,02– 0,04	2,0– 4,0
	1,2– 1,5	0,05– 0,1	0,8– 1,5	0,8– 1,0	0,06– 0,08				
	1,2– 1,5	0,02– 0,04	0,08– –0,2	0,18– 0,25	0,02– 0,04				
Нл-65Г	1,2– 1,5	–	0,8– 1,5	0,5– 0,6	0,06– 0,08	2,0– 4,0	0,1– 0,15	0,02– 0,04	2,0– 4,0
	1,0– 1,2	0,02– 0,03	0,08– –0,2	0,13– 0,15	0,02– 0,04				
	1,2– 1,5	0,05– 0,1	0,8– 1,5	0,8– 1,0	0,06– 0,08				

Примечания:
1. Режимы торцового фрезерования: числитель – черновая обработка фрезами из твердого сплава Т15К6; знаменатель – чистовая обработка фрезами из композита 10;
2. Режимы фрезерования шпоночных пазов: числитель – фрезы из твердого сплава Т15К6; знаменатель – фрезы из быстрорежущей стали Р18;
3. Режимы фрезерования шлицевых пазов фрезами из быстрорежущей стали Р18.

Шлифование

Режимы фрезерования представлены в табл. 4.39–4.40.

Таблица 4.39

Режимы круглого наружного шлифования

Вид шлифования	Окружная скорость детали, м/мин	Поперечная подача, мм/об	Продольная подача в долях ширины круга
Шлифование с поперечной и продольной подачами			
Черновое на 1 ход стола	10–25	0,010–0,025	–
на двойной ход стола	20–30	0,015–0,050	0,3–0,7
Чистовое	15–25	0,005–0,019	0,2–0,4
Шлифование с поперечной подачей			
Черновое	30–50	0,025–0,075	–
Чистовое	20–40	0,001–0,005	–
Примечания:			
1. Скорость круга 35 м/с.			
2. Для направленных поверхностей применять СОЖ 1,5–3 % водный раствор кальцинированной соды.			
3. Пористые материалы обрабатывать без СОЖ.			
4. Параметры умножить на 1,3–1,8 при обработке чугуна.			

Таблица 4.40

Режимы круглого внутреннего шлифования

Вид шлифования	Окружная скорость детали, м/мин	Поперечная подача, мм/дв. ход.	Продольная подача в долях ширины круга
Черновое	20–60	0,005–0,02	0,50–0,70
Чистовое		0,0025–0,01	0,25–0,50

Сверление

Режимы фрезерования представлены в табл. 4.41–4.42.

Таблица 4.41

Режимы сверления наплавленных покрытий сверлами из быстрорежущей стали P18

Наплавленный материал	Диаметр сверления, мм					
	3–5		8–10		15–20	
	V , м/с	s , мм/об	V , м/с	s , мм/об	V , м/с	s , мм/об
Нп-Св08	0,55	0,1	0,6	0,13	0,65	0,18
Нп-У8А	0,5	0,1	0,5	0,13	0,6	0,18

Наплавленный материал	Диаметр сверления, мм					
	3–5		8–10		15–20	
	V , м/с	s , мм/об	V , м/с	s , мм/об	V , м/с	s , мм/об
Нп-30ХГСА	0,45	0,08	0,45	0,11	0,5	0,15
Нп-12Х18Н9Т	0,45	0,08	0,45	0,11	0,5	0,15
Нп-25Х5ФМС	0,4	0,06	0,4	0,1	0,45	0,13
ПП-Нп-10Х14Т	0,4	0,06	0,4	0,1	0,45	0,13
Нп-30Х5Г2СМ	0,36	0,04	0,36	0,08	0,4	0,1
ПП-Нп-250Х10Б8С2Т	0,4	0,06	0,4	0,1	0,4	0,15
Нп-65Г	0,3	0,04	0,3	0,06	0,3	0,08

Таблица 4.42

Режимы обработки наплавленных покрытий зенкерами
из быстрорежущей стали Р18

Наплавленный материал	Диаметр обработки, мм			
	10–20		20–30	
	V , м/с	s , мм/об	V , м/с	s , мм/об
Нп-Св08	0,6–0,7	0,4–0,6	0,7–0,8	0,6–0,8
Нп-У8А	0,55–0,6	0,4–0,6	0,6–0,7	0,6–0,8
Нп-30ХГСА	0,5–0,55	0,35–0,45	0,55–0,6	0,45–0,55
Нп-12Х18Н9Т	0,5–0,55	0,35–0,45	0,55–0,6	0,45–0,55
Нп-25Х5ФМС	0,45–0,5	0,3–0,4	0,5–0,55	0,4–0,5
ПП-Нп-10Х14Т	0,45–0,5	0,25–0,3	0,5–0,55	0,3–0,4
Нп-30Х5Г2СМ	0,4–0,45	0,2–0,25	0,45–0,5	0,25–0,3
ПП-Нп-250Х10Б8С2Т	0,35–0,4	0,3–0,4	0,4–0,45	0,4–0,5
Нп-65Г	0,3–0,35	0,35–0,4	0,35–0,4	0,2–0,25

Примечание. Материалы, наплавленные порошковыми проволоками, перед обработкой отжигаются.

Хонингование

Характеристику алмазного бруска выбирают в зависимости от обрабатываемого материала, вида операции и установленного припуска (табл. 4.43).

Режимы алмазного хонингования приведены в табл. 4.44 и 4.45.

Таблица 4.43

Данные для выбора характеристики алмазных брусков

Обрабатываемый материал	Вид шлифования	Припуск, мм	Шероховатость обработанной поверхности Ra (Rz), мкм	Марка алмазов	Зернистость бруска	Марка связи
Чугун	Предварительное	0,2–0,3	(20)–(60)	АРВ1 АРК4 АРСЗ	500/400– 800/630	М5–03 М5–06 М5–09
	Черновое	0,1–0,2	(10)–(20)	АС32	315/250– 400/315	М5–09
	Получистовое	0,07–0,10	2,0–2,5	АС32	160/125– 250/200	М5–06 М5–09 М2–01
	Чистовое	0,03–0,07	0,63–1,25	АС50	80/63– 125/100	М2–01
	Полирование	0,006–0,01	0,20–0,32	АСМ	20/14– 40/28	М5–06, Р11
Закаленная сталь	Черновое	0,05–0,15	2,0–2,5	АРСЗ АРК4	160/125– 250/200	М5–06 М2–01
	Чистовое	0,02–0,06	0,63–1,25	АС50, АС32	63/50– 125/100	М5–01
	Полирование	0,006–0,01	0,10–0,32	АСМ, АСН	14/10–40/28	М5–06, М2–01, Р11
Неметаллические материалы	Черновое	0,10–0,20	–	АРК4 АРСЗ	125/100– 400/315	М5–06 М2–01
	Чистовое	0,05–0,10	–	АС15	50/40– 125/100	М5–01

Таблица 4.44

Режимы алмазного хонингования

Обрабатываемый материал	Вид хонингования	Скорость хонингования, м/мин	Скорость возвратно-поступательного движения, м/мин	Давление прижима брусков, МПа
Чугун	Предварительное, черновое, получистовое	60–80	15–20	1,0–2,0
	Чистовое	50–70	10–15	0,6–1,0
	Полирование	40–60		0,4–0,6

Окончание табл. 4.44

Обрабатываемый материал	Вид хонингования	Скорость хонингования, м/мин	Скорость возвратно-поступательного движения, м/мин	Давление прижима брусков, МПа
Закаленная сталь	Черновое, чистовое	40–50	10–15	1,0–1,5
	Полирование		6–10	0,4–0,8

Таблица 4.45

Режимы хонингования хромированных деталей алмазными брусками АСО (125/100-М20) М1-100 при $v_{в.п} = 6–10$ м/мин

Ra , мкм	Окружная скорость вращения головки, м/мин	p , Па	Расход СОЖ, л/мин
0,02–0,04	25–40	0,1–0,3	20–30
0,04–0,08		0,3–0,4	15–20
0,08–0,16		0,3–0,4	15–20
0,16–0,32		0,5–0,6	10–15
0,32–0,63		1,0–1,2	10–15

Притирка

Режимы притирки представлены в табл. 4.46.

Таблица 4.46

Режимы алмазной притирки

Вид притирки	Скорость, м/мин	Давление, МПа
Плоская односторонняя:		
черновая	100–150	0,06–0,12
получистовая	60–100	0,06–0,12
чистовая	10–60	0,04–0,06
Плоская двусторонняя:		
черновая	80–100	0,06–0,12
получистовая	40–80	0,06–0,12
чистовая	5–40	0,04–0,06
Круглая на двухдисковых станках:		
черновая	20–30	0,15–0,30
получистовая	10–20	0,15–0,30
чистовая	5–10	0,10–0,15

Упрочнение пластическим деформированием

Режимы упрочнения представлены в табл. 4.47.

Таблица 4.47

Усилие обкатывания, кН

Диаметр вала, мм	Предел текучести обрабатываемого материала, МПа					
	200	250	320	400	500	630
≤ 100	3,8/7,5	4,8/9,5	6,0/12,0	7,5/15,0	9,5/19,0	12,0/24,0
125	6,0/12,0	7,5/15,0	9,5/19,0	12,0/24,0	15,0/30,0	19,0/38,0
160	9,5/19,0	12,0/14,0	10,0/24,0	19,0/38,0	24,0/48,0	30,0/60,0

Примечание: числитель – сила $1,5P_{-0,05}$; знаменатель – сила $3P_{-0,05}$, где $P_{-0,05}$ – сила, необходимая для создания наклепанного слоя толщиной 0,05 радиуса детали.

4.12. Трудоемкость устранения ряда дефектов деталей

Таблица 4.48

Трудоемкость операции «правка» деталей типа «вал», чел.-мин

Длина вала не более, мм	Диаметр вала			
	20	32	40	65
200	0,25	0,37	0,45	–
300	0,34	0,51	0,61	0,89

Таблица 4.49

Трудоемкость восстановления внутренних цилиндрических
поверхностей корпусных деталей
(неподвижных за счет сопряжения), чел.-мин

Длина поверхности	Диаметр в мм							
	60	80	100	120	140	160	180	200
10	4,8	6,3	7,8	9,4	11,1	12,6	14,2	15,9
12	5,8	7,6	9,6	11,0	13,4	15,2	17,2	19,0
14	6,6	8,8	11,1	13,1	15,7	17,7	20,0	22,3
16	7,6	10,1	12,6	14,9	17,7	20,2	22,8	25,3
18	8,6	11,4	14,4	17,0	20,0	22,8	25,3	27,8

Окончание табл. 4.49

Длина поверхности	Диаметр в мм							
	60	80	100	120	140	160	180	200
20	9,6	12,6	15,9	18,7	22,3	25,3	27,8	32,9
22	10,4	13,9	17,4	20,7	24,5	27,8	30,4	35,4
25	11,9	15,9	20,0	23,5	27,8	32,9	35,4	40,5
28	13,4	17,7	22,3	25,3	30,4	35,4	40,5	45,5
30	15,2	20,2	25,3	30,4	35,4	40,5	45,5	50,6

Таблица 4.50

Трудоемкость восстановления внутренних резьбовых поверхностей корпусных деталей способом установки резьбовых вставок

Размер резьбы	Трудоемкость, чел.-мин	Размер резьбы	Трудоемкость, чел.-мин
M6×6	4,07	M16×16	4,75
M6×9	4,18	M16×24	5,72
M8×8	4,07	M12×12	4,56
M8×12	4,28	M12×18	4,81
M10×10	4,36	M14×14	4,56
M10×15	4,56	M14×21	5,01
M12×12	4,56	M16×18	4,75
M12×18	4,71	M18×18	5,04
M14×14	4,56	M18×26	5,31
M14×21	5,01	M18×18	5,04

Таблица 4.51

Трудоемкость заварки трещин корпусных деталей, чел.-мин

Длина трещины, мм	Толщина стенки корпусной детали, мм								
	3	5	6	8	9	10	12	16	20
50	7,86	8,97	10,66	11,75	11,77	13,42	15,09	17,89	21,82
100	9,52	11,20	12,85	16,19	14,58	17,88	20,12	25,14	29,64
200	11,71	13,40	20,62	25,02	19,05	29,53	32,33	42,37	49,68

4.13. Техническое нормирование операций технологического процесса

Норма времени

Норма времени на обработку данной детали (T_n) выражается следующей формулой:

$$T_n = T_o + T_v + T_{\text{доп}} + \frac{T_{\text{п-з}}}{n}, \quad (4.21)$$

где T_o – основное время;

T_v – вспомогательное время;

$T_{\text{доп}}$ – дополнительное время;

$T_{\text{п-з}}$ – подготовительно-заключительное время;

n – размер партии деталей.

Основное время – время, в течение которого происходит изменение размеров, формы и свойств обрабатываемых поверхностей детали.

Вспомогательное время включает две составляющие: время на установку и снятие детали и время, связанное с переходом.

Сумма основного и вспомогательного времени образует оперативное время $T_{\text{оп}}$.

Дополнительное время – время обслуживания рабочего места и время перерыва на отдых принимается в процентах от оперативного времени, которое равно сумме основного и вспомогательного времени.

Подготовительно-заключительное время даётся на партию и не зависит от величины этой партии.

Размер партии определяется по формуле:

$$n = \frac{ND_x}{D_p}, \quad (4.22)$$

где N – производственная программа;

D_x – число дней хранения;

D_p – число рабочих дней в году.

Точение

Основное (технологическое) время при точении:

$$T_o = \frac{\pi d L i}{1000 V s}; \quad (4.23)$$

$$L = l + l_1 + l_2 + l_3, \quad (4.24)$$

где L – расчетная длина обработки в направлении подачи, мм;

l – длина обрабатываемой поверхности, мм;

i – число проходов;

l_1 – длина врезания инструмента, мм;

l_2 – длина подхода и перебега инструмента, мм (2–5 мм);

l_3 – длина проходов при взятии пробных стружек, мм (5–8 мм);

d – диаметр обрабатываемой поверхности, мм;

V – скорость резания, м/мин. $V = 105$ м/мин;

s – подача, мм/об. $s = 0,25$ мм/об.

При точении $l_1 = t \cdot \text{ctg}\varphi$, при расчетах φ – главный угол в плане можно принять равным 45° , тогда

$$l_1 = t. \quad (4.25)$$

T_b – вспомогательное время на установку и снятие детали со станка, пуск / остановку станка, подвод и отвод режущего инструмента, изменение размеров и т. п. T_b при точении выбирается из табл. 4.52.

Дополнительное время ($T_{\text{доп}}$) при точении можно принять $0,15 T_{\text{оп}}$.

Таблица 4.52

Вспомогательное время при точении, мин

Способ установки обрабатываемой заготовки	Масса заготовки, кг					
	до 1	до 3	до 5	до 8	до 12	до 20
В центрах:						
с хомутиком	0,35	0,44	0,54	0,64	0,72	0,87
с люнетом	0,44	0,5	0,64	0,78	0,91	1,12
На гладкой оправке	0,42	0,53	0,67	0,79	0,91	1,1
На оправке с гайкой	0,53	0,61	0,7	0,75	0,8	0,86

Окончание табл. 4.52

Способ установки обрабатываемой заготовки	Масса заготовки, кг					
	до 1	до 3	до 5	до 8	до 12	до 20
В патроне: без выверки	0,2	0,22	0,27	0,33	0,38	0,39
с выверкой	0,4	0,47	0,56	0,63	0,7	0,84
с люнетом	0,4	0,41	0,53	0,6	0,67	0,78

Подготовительно-заключительное время ($T_{п-з}$) при точении можно принять по табл. 4.53.

Таблица 4.53

Подготовительно-заключительное время при точении

Способ установки обрабатываемой заготовки	Сложность подготовки к работе	Количество инструментов при наладке	Высота центров, мм			
			200	300	200	300
			без замены установочных приспособлений		с заменой	
В патроне, в центрах, на оправке	Низкая	1–2	7	9	10	12
		3–4	9	11	12	14
		3–4	10	12	15	17
	Средняя	4–5	12	15	17	20
		5–6	15	17	20	22
		7–9	18	20	22	26
	Высокая	6–8	20	23	25	30
		9–12	23	27	30	35

Шлифование

Основное время при шлифовании:

$$T_o = \frac{\pi d L h}{1000 V s t} K, \quad (4.26)$$

где h – припуск на обработку, мм. $h = 0,15$ мм;

V – скорость резания, м/мин. $V = 24$ м/мин;

t – поперечная подача, мм/дв. ход; $t = 0,014$ мм/дв. ход;

s – подача, мм/об. $s = 10$ мм/об;

L – длина продольного хода стола определяется по формулам:

При шлифовании на проход,

$$L = l + (0,2-0,4) \cdot B_K, \text{ мм.} \quad (4.27)$$

При шлифовании в упор

$$L = l - (0,4-0,6) \cdot B_K, \text{ мм,} \quad (4.28)$$

где l – длина шлифуемой поверхности, мм;

K – коэффициент точности (коэффициент выхаживания, равный при черновом шлифовании 1,1; при чистовом – 1,4).

Врезное шлифование является производительным методом обработки. Оно осуществляется с поперечной подачей до достижения необходимого размера поверхности (продольная подача отсутствует). Шлифовальный круг перекрывает всю ширину (длину) обрабатываемой поверхности детали.

Основное время при поперечном шлифовании:

$$T_o = \frac{\pi dh}{1000Vt} K, \quad (4.29)$$

где $V = 35$ м/мин; $h = 0,15$ мм; $t = 0,025$ мм/об;

Шлифование отверстий:

$$T_o = \frac{2\pi Dlh}{1000st} K, \quad (4.30)$$

где $V = 36$ м/мин; $t = 0,009$ мм/дв. ход; $s = 10$ мм/об; $h = 0,2$ мм;

l – длина рабочего хода инструмента, мм.

Вспомогательное время (T_b) при шлифовании выбирается из табл. 4.54.

Таблица 4.54

Вспомогательное время при работе
на круглошлифовальных станках, мин

Способ установки обрабатываемой детали	Масса обрабатываемой детали с оправкой, кг			
	3	8	12	16
Надеть на деталь хомутик, установить в центрах, пустить станок, снять деталь с центров, снять хомутик, положить деталь на место	0,43	0,62	0,70	0,72

Дополнительное время ($T_{\text{доп}}$) при шлифовании можно принять 7 % от $T_{\text{оп}}$.

Фрезерование

Шлицевых поверхностей

$$T_o = \frac{\pi d_{\phi} l z}{1000 V_{\phi} S}, \quad (4.31)$$

где l – длина обработки;

z – число зубьев лицевого вала;

d_{ϕ} – диаметр фрезы, $d_{\phi} = 100$ мм;

V_{ϕ} – 30 м/мин;

S – 1,2 мм/об.

Хонингование

Основное время при хонинговании:

$$T_o = \frac{z}{nb}, \quad (4.32)$$

где z – припуск на диаметр, мм;

b – толщина слоя металла, снимаемого за двойной ход хона, мм.

Гальваническое покрытие

Основное время гальванического осаждения покрытия:

$$T_o = \frac{1000 \cdot 60 h \gamma}{D_k C \eta}, \quad (4.33)$$

где h – толщина покрытия, мм;

γ – плотность осаждённого металла, г/см³;

D_k – плотность тока на катоде, А/дм²;

C – электрохимический эквивалент, г/А×ч;

η – коэффициент выхода металла по току, %.

Наплавка

Основное (машинное) время:

– для наплавки тел вращения

$$T_0 = \frac{Li}{ns}, \quad (4.34)$$

где L – длина наплавки, мм. $L = \frac{\pi dl}{1000s}$;

– для наплавки шлиц продольным способом

$$T_0 = \frac{L_{\text{ш}}}{V_{\text{Н}}} i, \quad (4.35)$$

где $L_{\text{ш}}$ – общая длина шлиц, мм;

i – количество слоев наплавки.

Необходимо иметь в виду, что при продольной наплавке шлицев выключают вращение шпинделя станка и сохраняют подачу сварочной головки вдоль наплавляемого изделия. В этом случае эта подача является скоростью наплавки. Подготовительно-заключительное время принимается по табл. 4.55.

Таблица 4.55

Подготовительно-заключительное время при автоматической наплавке

Элементы работы	Время, мин
Установка детали в центрах или цанговом патроне с затяжкой гайкой	9
Установка детали в самоцентрирующем патроне или на планшайбе с креплением болтами и планками	10
Установка детали на планшайбе с угольником в центрирующем приспособлении	15
Установка подачи суппорта	1,0
Смещение задней бабки для наплавки конуса	3,0
Установка силы тока на трансформаторах	0,8
Установка скорости наплавки рукояткой коробки скоростей	0,1

Окончание табл. 4.55

Элементы работы	Время, мин
Установка скорости подачи электродной проволоки:	
а) заменой подающего ролика	1,3
б) перестановкой сменных шестерен	4,2
в) рукояткой коробки передач	0,1
Ручная заправка кассеты электродной проволокой массой, кг:	
а) 8–12	5,4
б) 18–20	7,2

Вспомогательное время связанное с изделием, на установку и снятие детали принимается по табл. 4.56.

Таблица 4.56

Вспомогательное время на установку, крепление и снятие детали

Способ установки	Масса детали, кг							
	1-3	3-5	5-8	8-10	12-20	20-30	30-50	50-80
	Время, мин							
В трехкулачковом патроне с ручным зажимом без выверки	0,29	0,34	0,38	0,46	0,56	2,0	2,2	2,5
В трехкулачковом патроне с ручным зажимом с выверкой по мелку	0,54	0,64	0,72	0,84	1,02	3,0	3,2	3,5
В трехкулачковом патроне с ручным зажимом с поджатием центром задней бабки	0,35	0,39	0,43	0,48	0,53	2,0	2,2	2,5
В цанговом патроне, крепление рукояткой рычага	0,18	–	–	–	–	–	–	–
В цанговом патроне, крепление ключом	0,23	–	–	–	–	–	–	–
В центрах с надеванием хомутика	0,30	0,34	0,40	0,48	0,59	2,3	2,4	2,9
В центрах с надеванием хомутика без надевания хомутика	0,20	0,24	0,26	0,29	0,34	2,0	2,1	2,3
На планшайбе с угольником в центрирующем приспособлении	0,37	0,43	0,47	0,51	0,60	2,0	2,1	2,3

Вспомогательное время, связанное с переходом (с длины свариваемого шва), принимается для вибродуговой наплавки и в среде углекислого газа 0,7 мин, а для подфлюсовой наплавки 1,4 мин на 1 пог. м шва (валика). Время на один поворот детали (при подфлюсовой продольной наплавке шлицев и установку мундштука сварочной головки – 0,46 мин. Время на обслуживание рабочего места принимается равным 11–15 % от оперативного.

Напыление материалов

Техническая норма времени для газотермического напыления материалов определяется исходя из производительности аппаратов в зависимости от используемого энергоносителя. Различают: дуговое, газопламенное, плазменное, высокочастотное и др. В ремонтной практике наибольшее распространение получили первые три.

Техническая норма времени на ручное напыление металлов:

$$T_{\text{ш.к}} = 1,08 \left(7,2 \frac{Fh\gamma}{10^3 gK_{\text{н}}} + t_{\text{оп.2}} + t_{\text{оп.3}} + t_{\text{в.2}} \right) + \frac{5}{Z}, \quad (4.36)$$

где 1,08 – коэффициент, учитывающий время на обслуживание рабочего места и личные надобности рабочего;

g – производительность металлатора, кг/ч;

$K_{\text{н}}$ – коэффициент напыления (табл. 4.57);

$t_{\text{оп2}}$ – оперативное время на осмотр и протирку поверхности перед напылением (табл. 4.58);

$t_{\text{оп3}}$ – оперативное время на обезжиривание поверхности растворителем перед покрытием (табл. 4.59);

$t_{\text{в.2}}$ – время на установку, поворот и снятие изделия (табл. 4.60);

5 – подготовительно-заключительное время на партию, мин;

Z – число деталей в партии.

Для обеспечения сцепляемости напыляемого материала с восстанавливаемой поверхностью выполняется дополнительная операция специальной подготовки поверхности (обработка дробью, нарезание рваной резьбы, накатывание, гидроабразивная обработка, или нанесение подслоя из сплавов алюминия и никеля.

Таблица 4.57

Зависимость коэффициента напыления K_n
от угла атаки газовой струи

Угол атаки	Напыляемый металл			
	Сталь	Цинк	Латунь	Алюминиевые сплавы
90°	0,78	0,72	0,65	0,82
60°	0,39	0,36	0,31	0,41

Таблица 4.58

Время на осмотр и протирку поверхности перед напылением

Площадь поверхности, см ²	До 20	20–30	30–50	50–80	80–120	120–200	200–300	300–500
$t_{оп2}$, мин	0,23	0,26	0,30	0,35	0,40	0,46	0,56	0,61

Таблица 4.59

Время на обезжиривание поверхности перед покрытием

Площадь поверхности, см ²	До 100	100–200	200–400	400–600	600–800	800–1000
$t_{оп3}$, мин	0,2	0,9	1,4	1,6	1,9	2

Таблица 4.60

Вспомогательное время на установку,
поворот и снятие изделия, мин

Элементы операции	Масса изделия, кг				
	До 5	5–10	10–15	15–20	20–200
Поднести, уложить, снять и отнести деталь:					
– работа на столе	0,24	0,39	0,49	0,53	2,70
– работа в приспособлении	0,35	0,58	0,71	0,78	2,70
Повернуть деталь	0,12	0,19	0,24	0,26	1,60

Электроискровая обработка

Наплавка проводится с заданной частотой вращения детали n и подачей электрода s , обеспечивающими взаимное перекрывание наплавляемых полос в поперечном и продольном направлении, которое характеризуется коэффициентами перекрытия в строке K_c и между строками K_m . Для обеспечения нормативной сплошности (70 %) и толщины покрытия принимают $K_c = K_m \approx 0,25$. Частота вращения детали, мин^{-1} равна:

$$n = \frac{60K_c Df}{4\pi d}, \quad (4.37)$$

где D – диаметр лунки, мм;

d – диаметр детали, мм;

f – частота импульсов, с^{-1} .

Для обеспечения коэффициента перекрытия K_m продольная подача электрода на один оборот детали должна быть равна – $s = K_m D$.

Основное время наплавки:

$$T = \frac{b}{ns}, \quad (4.38)$$

где b – ширина наплавляемой шейки, мм.

В табл. 4.61 приведены наименования технологических операций для включения в технологическую карту.

Таблица 4.61

Классификационная таблица операций

Код	Вид технологического процесса по методу выполнения
01	Операции общего назначения
0101	Разметка
0102	Нарезка
0103	Нагревание
0104	Раскрой
0105	Охлаждение
0107	Обдувка

Продолжение табл. 4.61

Код	Вид технологического процесса по методу выполнения	
0108	Слесарная	
0109	Зачистка	
0114	Смазывание	
0115	Пломбирование	
0117	Герметизация	
0118	Регенерация	
0125	Промывка	
0126	Промывка водой	
0127	Промывка растворителем	
0129	Фильтрование	
0130	Очистка	без указания способа
0131	пескоструйная	
0132	гидроструйная	
0133	струйно-абразивная	
0134	дробеметная	
0135	ультразвуковая	
0136	дробеструйная	
0137	газопламенная	
0138	электрохимическая	
0139	вибраабразивная	
0143	химическая	
0144	ионная, плазменная	
0150	Травление	без указания способа
0151	химическое	
0152	электрохимическое	
0153	ультразвуковое	
0154	ионное	
0155	плазменное	
0170	Сушка	без указания способа
0171	атмосферная	
0172	конвективная	
0173	терморadiационная	
0174	вакуумная	
0175	в электромагнитном поле	
0176	фотохимическая	
0177	световыми лучами	
0178	Сушка	ультразвуковым, электронным облучением
0179	в активной, пассивной среде	
4100	Обработка резанием	без указания способа
4105	резьбонарезная	

Продолжение табл. 4.61

Код	Вид технологического процесса по методу выполнения	
4110	токарная	
4130	шлифовальная	
4150	зубообрабатывающая	
4167	комбинированная	
4170	строгальная	
4175	долбежная	
4180	протяжная	
4190	отделочная	
4210	сверлильная	
4260	фрезерная	
4280	отрезная	
5000	Термическая обработка	без указания способа
5010	отжиг	
5030	закалка	
5050	отпуск	
5060	старение	
5110	диффузионное насыщение металлами	
5120	диффузионное насыщение неметаллами	
5140	Термомеханическая обработка (ТМО)	
7145	Железнение	электрохимическое
7146	металлизационное	
7155	Меднение	химическое
7156	электрохимическое	
7157	металлизационное	
7163	химическое	
7164	Никелирование электрохимическое	
7173	Цинкование	химическое
7174	электрохимическое	
7175	горячее	
7176	металлизационное	
7172	Хромирование	
7310	Грунтование	
7360	Окрашивание распылением	без указания способа
7361	пневматическим	
7362	безвоздушным	
7363	электростатическим	
7364	пневмоэлектростатическим	
7365	безвоздушным электростатическим	
7366	Окрашивание распылением	аэрозольным
7367	центробежным	
7368	ультразвуковым	

Продолжение табл. 4.61

Код	Вид технологического процесса по методу выполнения	
7369	Окунанием	без выдержки в парах растворителя
7371	с выдержкой в парах растворителя	
7440	Напыление	без указания способа
7441	в псевдосжиженном слое	
7442	электростатическое	
7443	струйное	
7444	газопламенное	
7445	плазменное	
7446	вакуумное	
8800	Сборка	
8803	Балансировка	
8861	Разборка	
9000	Сварка	
9001	Индукционно-прессовая сварка	
9010	Контактная сварка	без указания способа
9011	точечная	
9012	шовная	
9013	стыковая	
9014	рельефная	
9015	шовно-стыковая	
9020	Диффузионная сварка	без указания способа
9021	в инертных газах	
9022	в активных газах	
9023	в вакууме	
9025	Световая сварка	без указания способа
9026	лазерная	
9027	сварка энергией лучей оптического диапазона	
9030	Дуговая сварка	без указания способа
9031	покрытым электродом	
9032	пучком покрытых электродов	
9033	самозащитой проволокой	
9034	порошковой проволокой	
9035	под флюсом	
9061	электрошлаковая сварка	
9062	электроннолучевая сварка	
9063	плазменная сварка	
9064	ионно-лучевая сварка	
9065	сварка тлеющим разрядом	
9066	термоимпульсная сварка	
9067	индукционная сварка	
9068	газовая сварка	

Код	Вид технологического процесса по методу выполнения	
9069	термитная сварка	
9071	литейная сварка	
9072	сварка взрывом	
9073	сварка трением	
9080	Ультразвуковая сварка	без указания способа
9081	точечная	
9082	шовная	
9083	стыковая	
9090	Холодная сварка	без указания способа
9091	точечная	
9092	шовная	
9093	стыковая	
9100	Наплавка	без указания способа
9124	дуговая в азоте неплавящимся электродом	
9125	вибродуговая	
9126	индукционная	
9127	электрошлаковая	
9128	плазменная	
9129	трением	
9131	с помощью контактной сварки	
9132	газопламенная	
9133	с использованием жидкого присадочного материала	

Технологический процесс восстановления детали должен быть представлен в виде карты рис. 4.1.

Наименование детали...							
Материал детали...							
Твердость рабочих поверхностей...							
Суммарное время восстановления...							
Наименование дефектов и эскиз	Номер операции	Наименование и содержание операции	Оборудование (тип, модель)	Технологическая оснастка	Режущий и измерительный инструмент	Профессия и разряд работы	Штучное время, мин
120	15	195	70	60	60	30	30

Рис. 4.1. Технологический процесс восстановления детали

4.14. Оценка приспособленности деталей к восстановлению

При качественной оценке приспособленности деталей к восстановлению (ПВД) осуществляют следующие работы (табл. 4.62):

- устанавливают перечень деталей, подлежащих оценке;
- осуществляют сбор данных о видах и величинах дефектов;
- устанавливают виды, количество и размерные характеристики изнашиваемых типовых поверхностей деталей;
- подбирают способы восстановления типовых поверхностей и деталей в целом;
- рассчитывают значения технических и экономических критериев оценки ПВД;
- устанавливают качественный уровень ПВД.

Определяют значение технического критерия – коэффициента конструктивной приспособленности детали к восстановлению, характеризующего наличие конструктивных признаков непригодности детали, проявляемых при ее восстановлении:

$$K_{ПВД}^K = K_P K_Q K_B K_H K_{П} K_{ИОБ} K_{ИОС} K_M K_V, \quad (4.39)$$

где $K_P K_Q K_B K_H K_{П} K_{ИОБ} K_{ИОС} K_M K_V$ – частные коэффициенты конструктивной приспособленности, характеризующие отдельные конструктивные признаки непригодности деталей, проявляемых при их восстановлении с учетом принятых способов восстановления.

Таблица 4.62

Конструктивные признаки непригодности деталей к восстановлению

Проявляемый признак в конструкции детали	Оценочный показатель
Невозможность применения способов ремонтных размеров и сменных элементов: – обусловлено причинами конструктивного характера (недостаток запаса металла, наличие резьбовых и технологических отверстий и т. п.); – заводом не выпускаются сменные элементы и сопряженные детали ремонтного размера	Коэффициент, учитывающий возможность применения ремонтных размеров и использования сменных элементов

Продолжение табл. 4.62

Проявляемый признак в конструкции детали	Оценочный показатель
<p>Необходимость расчленения детали:</p> <ul style="list-style-type: none"> – различная долговечность элементов детали и необходимость их замены; – невозможность разработки узла или демонтажа детали без ее расчленения; – невозможность выполнения операции расточки глухих отверстий с проходом инструмента через отверстие меньшего диаметра 	Коэффициент, учитывающий необходимость расчленения детали
<p>Необходимость восстановления базовых поверхностей:</p> <ul style="list-style-type: none"> – при совмещении технологических и монтажных баз; – при изнашивании поверхностей, являющихся базовыми 	Коэффициент, учитывающий необходимость восстановления или создания технологических баз
<p>Невозможность применения существующих способов восстановления:</p> <ul style="list-style-type: none"> – разнородность материалов сборочных единиц – элементы детали А и В; – применение материалов детали, не воспринимающих отдельных операций восстановления (сварку, наплавку, закалку и т. п.); – наличие в деталях закрытых и полукрытых изнашиваемых поверхностей; – недостаток запаса металла детали для осуществления способов восстановления с использованием перераспределения металла; – несоответствие допусков отклонения формы и взаиморасположения поверхностей детали техническим возможностям оборудования по восстановлению 	Коэффициент, учитывающий возможность применения упрочняющих технологий
<p>Необходимость смены положения детали в процессе выполнения операции:</p> <ul style="list-style-type: none"> – несоответствие габаритов детали установочным параметрам серийного оборудования; – наличие в деталях пространственной формы двух и более типоразмеров типовой поверхности одного класса; – наличие типовых поверхностей, расположенных в различных плоскостях; – наличие между восстанавливаемыми поверхностями детали перемычек, сужений, буртиков, ребер, уступов и т. п.; – наличие в деталях пространственной формы средней поверхности по размеру меньшей крайних поверхностей 	Коэффициент, учитывающий необходимость и количество переустановок детали, а также ее дополнительной поднастройки в процессе восстановления

Проявляемый признак в конструкции детали	Оценочный показатель
Недостаточность для восстановления детали серийного оборудования: – несоответствие габаритов детали функциональным возможностям оборудования; – невозможность достижения требуемых параметров восстанавливаемой детали техническим возможностям оборудования; – невозможность в процессе восстановления смены положения и ориентирования детали	Коэффициент использования серийного оборудования
Недостаточность для восстановления детали унифицированной оснастки: – невозможность дефектации, установки детали и выполнения операций; – невозможность обеспечения заданной производительности выполнения операций	Коэффициент использования унифицированной оснастки
Потребность учета массы детали в процессе восстановления и применение подъемно-транспортных средств	Коэффициент, учитывающий массу детали, способ ее установки и выверки
Унификация и типизация поверхностей детали: – значительное количество классов типовых поверхностей в детали ($n > 5$); – отличие по типоразмерам типовых поверхностей одного класса и служебного назначения, не обусловленных силовыми нагрузками	Коэффициент, учитывающий унификацию и типизацию изнашиваемых типовых поверхностей

Определяют значения экономических критериев приспособленности: нормативной трудоемкости T_B (ч) и нормативной себестоимости C_B (руб.) восстановления детали. Расчет затрат на восстановление деталей проводится по рекомендуемым для этой детали способом восстановления с использованием данных о повторяемости дефектов, затратах на подготовительные работы и стоимости изношенной детали.

Расчет ведется по формулам:

$$T_B = \sum_{i=0}^n T_{ДЕФ} K_{ПД}^i; \quad (4.40)$$

$$C_B = \left(\sum_{i=0}^n C_{ДЕФ} K_{ПД}^i \right) D_{П} + 0,1Ц_{Н}; \quad (4.41)$$

где $T_{\text{ДЕФ}}$, $C_{\text{ДЕФ}}$ – соответственно трудоемкость (ч) и себестоимость (руб.) восстановления типовой поверхности.

$$T_{\text{ДЕФ}} = T_{\text{УД}}S;$$

$$C_{\text{ДЕФ}} = C_{\text{УД}}S,$$

где $T_{\text{УД}}$, $C_{\text{УД}}$ – удельная нормативная трудоемкость и себестоимость восстановления i -той типовой поверхности;

S – площадь изнашиваемой поверхности, дм^2 ;

$K_{\text{ПД}}$ – коэффициент повторяемости дефекта i -й типовой поверхности с учетом взаимосвязи восстанавливаемых поверхностей;

$D_{\text{П}}$ – коэффициент учета подготовительных работ. По данным ВНИИВИДа при централизованном восстановлении $D_{\text{П}} = 1,1$; при восстановлении на месте ремонта машины $D_{\text{П}} = 1,03$;

$\Pi_{\text{Н}}$ – цена новой детали; $0,1 \Pi_{\text{Н}}$ – цена изношенной детали

Определяют значение технико-экономических показателей себестоимости восстановления детали с учетом ее конструктивной приспособленности:

$$C_{\text{В}}^{\text{ПДВ}} = \frac{C_{\text{В}}}{K_{\text{ПДВ}}^{\text{К}}}.$$

Качественную оценку приспособленности детали к восстановлению устанавливают из условия:

$$C_{\text{В}}^{\text{ПДВ}} \leq K_{\text{ВП}} \Pi_{\text{Н}},$$

где $K_{\text{ВП}}$ – коэффициент восстановления ресурса детали. При величине ресурса восстановленной детали не ниже регламентированного по нормативно-технической документации $K_{\text{ВП}} = 0,8$. При ресурсе восстановленной детали выше ресурса новой

$$K_{\text{ВП}} = \frac{F_{\text{В}}}{F_{\text{Н}}} - 0,2,$$

где $F_{\text{В}}$, $F_{\text{Н}}$ – ресурсы восстановленной и новой детали. При этом значение 0,8 обусловлено регламентированной величиной ресурса отремонтированного узла, агрегата, машины согласно нормативно-технической документации на ремонт.

На втором этапе оценки ПДВ осуществляют расчет уровня приспособленных к восстановлению деталей. При этом используются технико-экономический критерий уровня ПДВ – коэффициент приспособленности деталей к восстановлению:

$$K_{\text{ПДВ}} = 1 - \frac{C_{\text{В}}^{\text{ПДВ}}}{K_{\text{ВП}} C_{\text{Н}}}. \quad (4.42)$$

Значение частных коэффициентов устанавливают по приведенным зависимостям на основе фактических значений затрат на восстановление деталей, имеющих признаки непригодности.

Коэффициент, учитывающий возможность применения способов ремонтных размеров и сменных элементов:

$$K_{\text{Р}} = \frac{T_{\text{В}}}{T_{\text{В}} - (T_{\text{В}}^{\text{РР}} + T_{\text{В}}^{\text{СЭ}})}, \quad (4.43)$$

где $T_{\text{В}}$ – трудоемкость восстановления детали согласно рекомендуемого способа, чел.-мин;

$T_{\text{В}}^{\text{РР}}$, $T_{\text{В}}^{\text{СЭ}}$ – трудоемкость восстановления детали соответственно с учетом восстановления ряда поверхностей способом ремонтных размеров (РР) и сменных элементов (СЭ), чел.-мин.

Коэффициенты, учитывающие необходимость расчленения детали, восстановления технологических баз, переустановки детали в процессе выполнения технологических операций; массу детали, способ ее установки и выверки; уровень унификации и типизации поверхностей; возможность применения упрочняющих технологий восстановления, определяют соответственно, по следующим зависимостям:

$$\begin{aligned}
 K_{\text{ч}} &= \frac{T_{\text{В}}}{T_{\text{В}} + t_{\text{ч}}}; & K_{\text{Б}} &= \frac{T_{\text{В}}}{T_{\text{В}} + t_{\text{б}}}; & K_{\text{П}} &= \frac{T_{\text{В}}}{T_{\text{В}} + t_{\text{П}}}; \\
 K_{\text{М}} &= \frac{T_{\text{В}}}{T_{\text{В}} + t_{\text{М}}}; & K_{\text{У}} &= \frac{T_{\text{В}}}{T_{\text{В}} + t_{\text{У}}}; & K_{\text{Н}} &= \frac{T_{\text{В}}}{T_{\text{В}} + t_{\text{Н}}},
 \end{aligned}
 \tag{4.44}$$

где $t_{\text{ч}}$, $t_{\text{б}}$, $t_{\text{П}}$, $t_{\text{М}}$, $t_{\text{У}}$, $t_{\text{Н}}$ – дополнительная трудоемкость выполнения операций по расчленению, базированию, переустановке, перемещению, закреплению детали, а также обусловленная низкой унификацией элементов детали и невозможностью применения упрочняющих технологий.

Для расчета дополнительной трудоемкости восстановления рекомендуется использовать данные по видам и удельным значениям трудоемкости ряда операций, выполняемых при наличии соответствующих признаков непригодности (таблица 4.63).

Таблица 4.63

Перечень и удельная трудоемкость выполнения технологических операций

Перечень операций	Удельная трудоемкость, чел.-мин/дм ²
Наплавка под флюсом	3,1
в углекислом газе	5,6
вибродуговая наплавка	6,6
с газопламенной защитой	7,4
Токарная	4,8
Фрезерная	6,7
Расточная	7,0

Коэффициенты использования серийного оборудования и унифицированной оснастки определяются из выражения:

$$K_{\text{иоб}} = \frac{C_{\text{об}}}{C_{\text{об}} + C_{\text{об.доп}}}; \quad K_{\text{иос}} = \frac{C_{\text{ос}}}{C_{\text{ос}} + C_{\text{ос.доп}}}, \tag{4.45}$$

где $C_{\text{ОБ}}$, $C_{\text{ОС}}$ – стоимость соответственно технологического оборудования и унифицированной оснастки, используемые согласно технологическому процессу восстановления, руб.;

$C_{\text{ОБ.доп}}$, $C_{\text{ОС.доп}}$ – стоимость дополнительно созданного на этапе опытного ремонта соответственно технологического оборудования и оснастки, обусловленные конструкцией детали, руб.

4.15. Определение затрат на восстановление детали

Одним из основных экономических показателей, который характеризует совершенство технологического процесса, является затраты на восстановление.

Затраты на восстановление можно определить бухгалтерским методом (табл. 4.65) или расчетом по составляющим элементам (формула 4.46).

В общем виде затраты на восстановление детали определяют по формуле:

$$C_{\text{В}} = C_{\text{и}} + \sum_{i=1}^n \left(\sum_{j=1}^m M_{i,j} + \sum_{j=1}^m Z_{\text{пр}j} + \sum_{j=1}^m E_{0j} + \sum_{j=1}^m E_{\text{а}j} + \right. \\ \left. + \sum_{j=1}^m E_{\text{э}j} + \sum_{j=1}^m E_{\text{пл}j} + \sum_{k=1}^p E_{\text{строк}} \right), \quad (4.46)$$

где $C_{\text{и}}$ – стоимость изношенной детали, руб.

Стоимость изношенной детали $C_{\text{и}}$ обычно определяют по цене металлолома. Если ремонтный фонд собран на других предприятиях, то в стоимость изношенной детали входит надбавка за сбор и сортировку деталей (20 %). При расчете стоимости изношенной детали $C_{\text{и}}$ можно принять ее равной 0,1 от цены новой детали. Цена новой детали определяется по прейскурантам на запасные части на момент выполнения курсового проекта.

$M_{i,j}$ – затраты на материалы (i) по всем технологическим операциям (j), руб.

В стоимость материалов входят все затраты на все материалы, которые применяют для восстановления данной детали по всем технологическим операциям:

$$C_M = \sum_{i=1}^n g_i \Pi_i, \quad (4.47)$$

где g_i – масса (объем) использованного материала конкретного наименования, кг (л);

Π_i – цена 1 кг (л) материала конкретного наименования, руб.;

n – число наименований конкретных материалов.

Цена материалов определяется по прейскурантам с учетом индекса цен, прайс-листам или по данным предприятия.

$Z_{пр}$ – заработная плата производственных рабочих по всем технологическим операциям, руб.;

E_{0j} – затраты на содержание и эксплуатацию оборудования, руб.;

E_{aj} – амортизационные отчисления от стоимости оборудования, руб.;

$E_{эj}$ – затраты на силовую электроэнергию, руб.;

$E_{плj}$ – затраты на содержание производственных площадей, руб./м²;

$E_{сток}$ – затраты на содержание средств технологического оснащения; режущий и мерительный инструмент, руб.;

i – количество наименований материалов, по номенклатуре;

j – операции технологического процесса;

k – номенклатура средств технологического оснащения.

Зарботную плату производственных рабочих определяют по всем технологическим операциям по формуле:

$$Z_{пр} = \sum_{i=1}^n \left(\frac{t_{шт.к} T k K_D K_{CC}}{60} \right), \quad (4.48)$$

где $t_{шт.к}$ – штучно-калькуляционное время на операцию, мин;

T – часовая тарифная ставка, руб.;

k – тарифный коэффициент, соответствующий каждому разряду;

$K_{Д}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (отпуск, компенсации, и др.). В учебных целях можно принять $K_{Д} = 1,15$;

$K_{СС}$ – коэффициент, учитывающий отчисления в фонд социального страхования. Отчисления равны 34 % от основной заработной платы, т. е. $K_{СС} = 1,34$.

Минимальную часовую тарифную ставку 1-го разряда определяем:

$$T = \frac{\text{МУОП}}{\text{МФРВ}}, \text{ руб./ч}, \quad (4.49)$$

где МУОП – минимальный уровень оплаты труда, руб.;

МФРВ – среднемесячный фонд рабочего времени, ч, (170);

При использовании в учебных целях единой тарифной сетки (ЕТС) тарифный коэффициент и разряды оплаты труда приведены в табл. 4.64.

Таблица 4.64

Тарифная сетка и тарифные коэффициенты

Разряд оплаты труда	1	2	3	4	5	6
Тарифные коэффициенты	1	1,3	1,69	1,91	2,61	2,44

Затраты на содержание и эксплуатацию оборудования, руб., можно определить по формуле:

$$E_{0j} = t_{\text{шт.к}} \frac{(H_{М}K_{М} + H_{Э}K_{Э})}{(60K_{Т}\Phi_0)}, \quad (4.50)$$

где $H_{М}$, $H_{Э}$ – норматив годовых затрат на единицу ремонтной сложности механической и электрической частей оборудования, руб./год;

$K_{М}$, $K_{Э}$ – категория ремонтной сложности механической и электрической частей оборудования, соответственно;

K_T – коэффициент класса точности оборудования;

Φ_0 – годовой фонд времени работы оборудования, ч.

Амортизационные отчисления от стоимости оборудования, руб., можно определить по формуле:

$$E_0 = \frac{1,122\Pi_0 H_a t_{шт.к}}{100 \cdot 60\Phi_0}, \quad (4.51)$$

где $1,122\Pi_0$ – произведение оптовой цены оборудования и коэффициента 1,122, учитывающего затраты на транспортирование и монтаж оборудования, руб.;

H_a – норма амортизационных отчислений, %;

Затраты на силовую электроэнергию, руб., определяют по формуле:

$$E_э = \frac{N_{эл.д} \eta t_{шт.к} \Pi_э}{7200}, \quad (4.52)$$

где $N_{эл.д}$ – установленная мощность электродвигателей оборудования, кВт;

η – общий коэффициент загрузки электродвигателей;

$\Pi_э$ – цена 1 кВт-ч электроэнергии, руб.

Затраты на содержание производственных площадей, руб., определяют по формуле:

$$E_{пл} = \frac{H_{пл} S_c K K_{п.у} t_{шт.к}}{60\Phi_0}, \quad (4.53)$$

где $H_{пл}$ – норматив содержания 1 м² производственной площади, руб./м²;

S_c – площадь, занимаемая станком, м²;

K – коэффициент, учитывающий дополнительную площадь с учетом проходов, зон обслуживания и т. п.;

$K_{п.у}$ – коэффициент, учитывающий площадь для систем управления станков с ЧПУ.

Таблица 4.65

Калькуляция по статьям затрат
на восстановление детали (бухгалтерский метод)

Статья	Наименование статей	Расчетные соотношения	Сумма, руб.
1	Сырье и основные материалы, заготовка материалов	Формула 4.45	
2	Основная заработная плата производственных (основных и дополнительных) рабочих	Формула 4.46	
3	Дополнительная заработная плата, 16 %	Статья 2 × 0,16	
4	Отчисления на социальное страхование, 34%	Статья (2+3) × 0,365	
5	Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования, 67 %	Статья 2 × 0,67	
6	Износ инструмента, 14 %	Статья 2 × 0,14	
7	Топливо и энергия на технологические нужды		
8	Цеховые расходы, 55 %	Статья 2 × 0,55	
9	Общезаводские расходы, 200 %	Статья 2 × 2,0	
10	Транспортно-заготовительные расходы, 11 %	Статья 1 × 0,11	
11	Производственная себестоимость	Статья [1–10]	
12	Внепроизводственные расходы, 1,8 %	Статья 11 × 0,018	
13	Полная себестоимость	Статья 11 + 12	
14	Накопления (прибыль), 25 %	Статья 13 × 0,25	
15	Оптовая цена	Статья 13 + 14	
16	НДС, 20 %	Статья 15 × 0,20	
17	Отпускная цена единицы	Статья 15 + 16	

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Савич, А. С. Технология и оборудование ремонта автомобилей / А. С. Савич, В. П. Иванов, В. К. Ярошевич. – Минск : Адукацыя і выхаванне, 2009. – 364 с.
2. Ярошевич, В. К. Технология производства и ремонта автомобилей: учебно-методическое пособие по выполнению курсового проекта / В. К. Ярошевич, А. С. Савич, А. В. Казацкий. – Минск : БНТУ, 2009. – 40 с.
3. Ярошевич, В. К. Технология ремонта автомобилей: лабораторный практикум / В. К. Ярошевич, А. С. Савич, А. В. Казацкий. – Минск : Адукацыя і выхаванне, 2004. – 392 с.
4. Казацкий, А. В. Основы организации и проектирования рабочих мест по восстановлению деталей на предприятиях автомобильного транспорта: методическое пособие / А. В. Казацкий, В. С. Смольская. – Минск : БНТУ, 2010. – 40 с.

Учебное издание

ИВАШКО Виктор Сергеевич
БУЙКУС Кястас Вито
ЛОЙКО Владимир Алексеевич
СМОЛЬСКАЯ Валентина Станиславовна

СПЕЦВОПРОСЫ РЕМОНТА АВТОМОБИЛЕЙ

Учебно-методическое пособие
для студентов специальностей
1-37 01 06 «Техническая эксплуатация автомобилей
(по направлению)» и 1-37 01 07 «Автосервис»

Редактор *В. И. Акуленок*
Компьютерная верстка *Е. А. Беспанской*

Подписано в печать 20.12.2019. Формат 60×84 ¹/₁₆. Бумага офсетная. Ризография.
Усл. печ. л. 7,03. Уч.-изд. л. 5,5. Тираж 100. Заказ 873.

Издатель и полиграфическое исполнение: Белорусский национальный технический университет.
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя
печатных изданий № 1/173 от 12.02.2014. Пр. Независимости, 65. 220013, г. Минск.