

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации  
Департамент научно-технологической политики и образования  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Ярославская государственная сельскохозяйственная академия»  
(ФГБОУ ВПО «Ярославская ГСХА»)  
Кафедра «Технический сервис»



Е.В. Буликова

**Методические указания  
к выполнению курсового проекта  
по дисциплине «Технологии ремонта машин»  
для бакалавров, обучающихся по направлению 35.03.06  
«Агроинженерия», профиль «Технический сервис в АПК»**

Ярославль

2015



## Содержание

Нормативные ссылки	5
Введение	6
1 Цель и задачи курсового проектирования	8
2 Состав и объем курсового проекта	8
3 Основные требования к оформлению пояснительной записки и чертежей	9
3.1 Оформление пояснительной записки	9
3.2 Требования к оформлению чертежей	11
4 Исходные данные для курсового проектирования	13
5 Методика разработки технологического процесса восстановления детали	13
5.1 Общие сведения	13
5.2 Определение коэффициентов повторяемости сочетаний дефектов изношенных деталей	14
5.3 Выбор оптимальных способов восстановления изношенных поверхностей детали	15
5.4 Обоснование способов восстановления детали в целом	19
5.5 Определение экономической целесообразности восстановления деталей с различным сочетанием дефектов	21
5.6 Разработка технологической документации на восстановление детали	22
5.7 Разработка маршрутов восстановления детали	25
5.8 Расчет режимов выполнения технологических операций по восстановлению деталей	27
5.9 Расчет норм времени	38
6 Технологический расчет участка по восстановлению детали	41
6.1 Расчет трудоемкости ремонта	41
6.2 Расчет численности рабочих на участке	41

6.3	Расчет количества оборудования и рабочих мест	42
6.4	Расчет площади участка	43
6.5	Технологическая планировка оборудования участка	44
7	Конструкторская разработка	45
7.1	Обоснование выбора темы конструкторской разработки	45
7.2	Описание конструкции и принципа действия	46
8	Расчет годового расхода электроэнергии и тепла	46
9	Описание процесса транспортирования детали на участке	48
10	Мероприятия по охране труда, технике безопасности, пожарной безопасности	48
11	Определение экономической целесообразности и эффективности восстановления деталей	49
	Приложение А. Пример оформления титульного листа	52
	Приложение Б. Пример выполнения ремонтного чертежа детали	53
	Приложение В. Пример выполнения маршрутной карты	54
	Приложение Г. Пример выполнения операционной карты наплавочной операции	56
	Приложение Д. Пример выполнения операционной карты токарной операции	58
	Приложение Е. Пример выполнения технологической планировки участка	60
	Приложение Ж. Расстояния между станками и от станков до элементов зданий	61
	Приложение И. Условное изображение технологического оборудования	62
	Список использованных источников	67

## Нормативные ссылки

В настоящих методических указаниях использованы ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 2.004-88 ЕСКД. Общие требования к выполнению конструкторских и технологических документов на печатающих и графических устройствах вывода ЭВМ

ГОСТ 2.104-2006 ЕСКД. Основные надписи

ГОСТ 2.105-95 ЕСКД. Общие требования к текстовым документам

ГОСТ 2.106-96 ЕСКД. Текстовые документы

ГОСТ 2.109-73 ЕСКД. Основные требования к чертежам

ГОСТ 2.316-2008 ЕСКД. Правила нанесения надписей, технических требований и таблиц на графических документах

ГОСТ 2.602-2013 ЕСКД. Ремонтные документы

ГОСТ 2.604-2000 ЕСКД. Чертежи ремонтные

ГОСТ 3.1105-2011 ЕСТД. Формы и правила оформления документов общего назначения

ГОСТ 3.1118-82 ЕСТД. Формы и правила оформления маршрутных карт

ГОСТ 3.1404-86 ЕСТД. Формы и правила оформления документов на технологические процессы операции обработки резанием

ГОСТ 3.1702-79 ЕСТД. Правила записи операций и переходов. Обработка резанием

ГОСТ 7.1-2003 Система стандартов по информационному, библиотечному и издательскому делу. Библиографическое описание документа. Общие требования и правила составления

ГОСТ 7.32-2001 Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления

ГОСТ 21.501-2011 СПДС. Правила выполнения архитектурно-строительных рабочих чертежей

## Введение

При выполнении курсового проекта студент должен освоить следующие профессиональные компетенции:

- ПК-10 Способность использовать информационные технологии и базы данных в агроинженерии.
- ПК-11 Готовность к профессиональной эксплуатации машин и технологического оборудования для производства, хранения и первичной переработки сельскохозяйственной продукции.
- ПК-12 Способность использовать типовые технологии технического обслуживания, ремонта и восстановления изношенных деталей машин и электрооборудования.
- ПК-26.2 Готовность использовать современные технологии и оборудование для технического сервиса машин в АПК.

Для успешного освоения вышеназванных профессиональных компетенций студент должен обладать следующими компетенциями, полученными ранее:

- ОК-1 Владение культурой мышления, способность к обобщению, анализу, восприятию информации, постановке цели и выбору путей ее достижения.
- ОК-6 Стремление к саморазвитию, повышению своей квалификации и мастерства, владение навыками самостоятельной работы.
- ОК-11 Владение основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации; навыками работы с компьютером как средством управления информацией.
- ОК-12 Способность к работе с информацией в компьютерных сетях.

После успешной защиты курсового проекта студент должен:

### **уметь**

- выбирать рациональный и экономически выгодный способ восстановления деталей машин сельскохозяйственного назначения;
- разрабатывать технологическую документацию на восстановление деталей;
- подобрать технологическое оборудование для восстановления детали и рационально разместить его на плане производственного участка;

## **владеть**

- знаниями о возможных способах восстановления конкретной детали;
- навыками составления технологической документации на восстановление деталей;
- практическими навыками выполнения ремонтных чертежей деталей;
- практическими навыками выполнения планов производственных участков по восстановлению деталей с размещением оборудования.

Перечисленные выше компетенции раскрываются в следующих разделах и подразделах курсового проекта:

ОК-1, ОК-11, ОК-12 – «Введение», «Анализ условий работы сборочной единицы», «Сравнительный анализ способов восстановления деталей», «Обоснование выбора конструкторской разработки»;

ОК-6, ПК-12 – «Проектирование технологического процесса восстановления детали»;

ПК-10, ПК-11, ПК-26.2 – «Технологический расчет участка восстановления детали», «Конструкторская часть».

## 1 Цель и задачи курсового проектирования

Цель курсового проектирования – научить студентов проектировать эффективные и экономичные технологические процессы ремонта автотракторной техники на основе современных достижений отечественного и зарубежного автотракторостроения и ремонтного производства.

В процессе курсового проектирования решаются следующие задачи:

- расширение, систематизация и закрепление теоретических знаний и их применение для проектирования технологических процессов ремонта автотракторной техники;
- развитие и закрепление навыков ведения самостоятельной творческой инженерной работы;
- овладение методикой теоретико-экспериментальных исследований технологических процессов ремонтного производства.

## 2 Состав и объем курсового проекта

Курсовой проект состоит из расчетно-пояснительной записки и графической части.

Содержание расчетно-пояснительной записки состоит из следующих разделов:

- 1 Задание на проектирование
- 2 Проектирование технологического процесса восстановления детали
  - 2.1 Анализ условий работы сборочной единицы
  - 2.2 Определение коэффициентов повторяемости сочетаний дефектов изношенных деталей
  - 2.3 Сравнительный анализ способов восстановления деталей
  - 2.4 Выбор оптимальных способов восстановления изношенных поверхностей
  - 2.5 Обоснование способа восстановления детали в целом



- 2.6 Определение экономической целесообразности восстановления детали с различным сочетанием дефектов
- 2.7 Разработка технологических маршрутов восстановления детали
- 2.8 Расчет режимов обработки и норм времени
- 2.9 Разработка маршрутной карты восстановления детали
- 2.10 Разработка операционных карт и карт эскизов
- 3 Технологический расчет участка восстановления детали
- 3.1 Определение трудоемкости объекта ремонта и годового объема работ
- 3.2 Определение режимов работы, годового фонда времени и численности работающих на участке
- 3.3 Расчет оборудования участка и рабочих мест
- 3.4 Компоновка и планировка участка (расчет площади производственно-складских помещений)
- 3.5 Расчет годового расхода электроэнергии и тепла
- 3.6 Обоснование способа транспортирования деталей на участке
- 3.7 Мероприятия по охране труда, экологии и технике безопасности на участке
- 4 Конструкторская часть
- 4.1 Обоснование выбора конструкторской разработки
- 4.2 Описание конструкции и принципа действия выбранного приспособления
- 5 Экономическое обоснование выбранного способа восстановления детали.

Графическая часть курсового проекта содержит следующие чертежи:

- ремонтный чертеж детали – 0,5...1 лист;
- план участка с расстановкой оборудования – 0,5...1 лист.

3 Основные требования к оформлению пояснительной записки и чертежей

3.1 Оформление пояснительной записки

Пояснительная записка выполняется на одной стороне листов формата А4 (210x297 мм). Листы нумеруются и сшиваются. Первый лист пояснительной

записки оформляется как титульный. Пример оформления титульного листа представлен в приложении А.

Пояснительная записка выполняется в электронном варианте. Рекомендуется использовать для набора текста программы: Microsoft Office Word XP, Microsoft Office Word 2003, Microsoft Office Word 2007. Общие требования к оформлению пояснительной записки представлены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Требования к оформлению пояснительной записки

Шрифт основного текста	Times New Roman, кегль (размер шрифта) 14 пт
Поля	Левое – 30 мм, правое – 10 мм, нижнее – 20 мм, верхнее – 20 мм
Межстрочный интервал	Полуторный
Абзац	Отступ – 12,5 мм
Выравнивание	По ширине страницы
Заголовок раздела	Начать с прописной буквы; шрифт Times New Roman, кегль (размер шрифта) 14 пт; выравнивание по левому краю с абзаца; отделяется от основного текста одной строкой; переносы слов не допускаются; точка в конце не ставится; кавычки не ставятся; подчеркивание не используется
Заголовок подраздела	Начать с прописной буквы; шрифт Times New Roman, кегль (размер шрифта) 14 пт; выравнивание по левому краю с абзаца; отделяется от основного текста одной строкой; переносы слов не допускаются; точка в конце не ставится; кавычки не ставятся; подчеркивание не используется
Нумерация страниц	Номер проставляется в верхнем правом углу, начиная со 2-й страницы (титульный лист не нумеруется). Кегль (размер шрифта) номера страницы – 10 пт
Формулы	Создаются встроенным редактором формул Math Type или Microsoft Equation; центрируются; нумеруются в круглых скобках с правого края

### 3.2 Требования к оформлению чертежей

При выполнении **ремонтных чертежей** необходимо соблюдать требования стандартов ЕСКД с учетом правил, предусмотренных ГОСТ 2.604-2000 «Чертежи ремонтные»:

1) на ремонтных чертежах указываются только те размеры, предельные отклонения, натяги, зазоры и другие данные, которые должны быть выполнены и проверены при ремонте изделия;

2) на изделия, которые при ремонте не могут быть разъединены (неразъемные соединения, выполненные клепкой, сваркой и т.п.), допускается не выпускать самостоятельные чертежи на отдельные детали. Указания по ремонту таких изделий приводят на ремонтном сборочном чертеже изделия, в которое входят ремонтируемые детали, с добавлением изображений и данных, поясняющих сущность ремонта;

3) на ремонтных чертежах изображают только те виды, разрезы, сечения, которые необходимы для ремонта изделия;

4) на ремонтных чертежах предельные отклонения линейных размеров указывают, как правило, числовыми значениями, например  $\varnothing 18^{+0,018}$ ,  $\varnothing 12_{-0,032}^{-0,059}$ , или условными обозначениями с последующим указанием в скобках их числовых значений, например  $\varnothing 18H7(^{+0,018})$ ,  $\varnothing 12e8(_{-0,059}^{-0,032})$ ;

5) на ремонтных чертежах поверхности, подлежащие обработке при ремонте, выполняют сплошной толстой основной линией толщиной (2...3)S, остальные части изображения – сплошной тонкой линией толщиной S;

6) при ремонте изделия наплавкой, заливкой (при помощи сварки, пайки и т.п.) на ремонтном чертеже указывают наименование, марку, размеры материала, используемого при ремонте, а также обозначение стандарта на материал;

7) на ремонтных чертежах категорийные и пригоночные размеры, а также размеры изделия, ремонтируемого снятием минимально необходимого слоя материала, указывают на полках линий-выносок или в таблице;

8) на ремонтных чертежах изделий для определения способа ремонта помещают технологические указания, которые являются необходимыми для восстановления эксплуатационных характеристик изделия;

9) надписи, технические требования и таблицы на ремонтных чертежах выполняют в соответствии с требованиями ГОСТ 2.316;

10) на ремонтном чертеже допускается указывать одновременно несколько вариантов ремонта одних и тех же элементов изделия с соответствующими разъяснениями на чертеже. На каждый принципиально отличный вариант ремонта изделия выполняют самостоятельный чертеж;

11) если при ремонте изделия в него вводят одну или несколько деталей (втулку, стопор и т.п.) или деталь при ремонте заменяют сборочной единицей, аналогичной детали (т.е. состоящей из нескольких составных частей), то ремонтный чертеж выполняют как сборочный;

12) на ремонтных чертежах деталей содержание графы «Материал» основной надписи должно соответствовать содержанию аналогичной графы рабочего чертежа детали. Обозначение отмененных стандартов на материалы не указывают;

13) ремонтную спецификацию выполняют в соответствии с требованиями ГОСТ 2.604 и ГОСТ 2.106;

14) обозначение ремонтного чертежа, спецификации, ведомости, инструкции и других документов, выполняемых в соответствии с номенклатурой документов по ГОСТ 2.106, получают введением в обозначение этих документов кода «Р» (ремонтный). Ремонтному сборочному чертежу присваивают шифр РСБ.

**Чертеж плана участка** с расстановкой оборудования выполняется в соответствии с требованиями ГОСТ 21.501. На плане необходимо указать размеры оборудования, расстояние до стен и перегородок, расстояния между различными видами оборудования, ширину проходов, устройства для транспортировки деталей на участке.

#### 4 Исходные данные для курсового проектирования

Исходные данные для проектирования технологического процесса восстановления детали следующие:

- программа ремонта восстанавливаемой детали;
- чертеж детали;
- карта дефектации детали, коэффициенты повторяемости дефектов;
- технические требования на восстановленную деталь.

***Все исходные данные для проектирования выдает преподаватель, при этом учитывается пожелание студента и его дипломного руководителя, т.к. данный курсовой проект может быть частью выпускной квалификационной работы.***

#### 5 Методика разработки технологического процесса восстановления детали

##### 5.1 Общие сведения

Разработка технологического процесса восстановления детали предполагает решение следующих задач:

- определение коэффициентов повторяемости дефектов и коэффициентов повторяемости сочетаний дефектов;
- выбор оптимального способа восстановления каждой изношенной поверхности детали;
- выбор оптимального способа восстановления детали в целом;
- определение экономической целесообразности восстановления деталей с различным сочетанием дефектов;
- разработка технологических маршрутов восстановления.

При проектировании технологического процесса составляют карту технологического процесса дефектации (КТПД), схему маршрутов восстановления, маршрутную карту (МК), операционные карты (ОК), а также разрабатывают ремонтный чертеж детали (Р).

Карта технологического процесса дефектации в курсовом проекте не составляется, т.к. она входит в исходные данные для проектирования.

## 5.2 Определение коэффициентов повторяемости сочетаний дефектов изношенных деталей

Каждая деталь имеет одну или несколько рабочих поверхностей. При этом условия работы каждой поверхности различны, поэтому скорости их изнашивания отличаются друг от друга.

Коэффициенты повторяемости дефектов восстанавливаемой детали определены в задании на проектирование.

Возможные дефекты могут проявляться в различных сочетаниях. Например, при трех возможных дефектах число их сочетаний равно восьми:

- одновременно все три дефекта –  $X_{1,2,3}$ ;
- только первый и второй дефект –  $X_{1,2}$ ;
- только первый и третий дефект –  $X_{1,3}$ ;
- только второй и третий дефект –  $X_{2,3}$ ;
- только первый дефект –  $X_1$ ;
- только второй –  $X_2$ ;
- только третий –  $X_3$ ;
- не имеющие ни одного дефекта –  $X_0$ .

Коэффициенты повторяемости сочетаний дефектов определяются следующим образом:

$$\begin{aligned}P(X_{1,2,3}) &= K_1 \cdot K_2 \cdot K_3; \\P(X_{1,2}) &= K_1 \cdot K_2 (1 - K_3); \\P(X_{1,3}) &= K_1 \cdot K_3 (1 - K_2); \\P(X_{2,3}) &= K_2 \cdot K_3 (1 - K_1); \\P(X_1) &= K_1 (1 - K_2) (1 - K_3); \\P(X_2) &= K_2 (1 - K_1) (1 - K_3); \\P(X_3) &= K_3 (1 - K_1) (1 - K_2); \end{aligned}$$

$$P(X_0) = (1 - K_1) (1 - K_2) (1 - K_3).$$

### 5.3 Выбор оптимальных способов восстановления изношенных поверхностей детали

Для устранения каждого дефекта должен быть выбран рациональный способ, технически обоснованный и экономически целесообразный. Рациональный способ восстановления детали определяют, пользуясь технологическим, техническим и технико-экономическим критериями.

**Технологический критерий** определяет принципиальную возможность применения способа восстановления, исходя из конструктивно-технологических особенностей детали и технологических возможностей соответствующих способов восстановления. Характеристика десяти наиболее распространенных методов восстановления с точки зрения принципиальной возможности их применения представлена в таблице 5.1.

Для каждого выбранного способа дают комплексную качественную оценку по значению **коэффициента долговечности**, который является функцией трех переменных:

$$K_D = f(K_i; K_e; K_c),$$

где  $K_i$  – коэффициент износостойкости;

$K_e$  – коэффициент выносливости;

$K_c$  – коэффициент сцепляемости покрытий.

Значения вышеназванных коэффициентов для наиболее распространенных методов восстановления представлены в таблице 5.2.

Численное значение коэффициента долговечности  $K_D$  принимают равным значению того коэффициента, который имеет наименьшее значение.

Критерий долговечности отвечает за дальнейшее сокращение числа возможных способов восстановления.

Таблица 5.1 – Характеристика способов восстановления изношенных поверхностей

Характеристика	Наплавка в среде диоксида углерода	Вибродуговая наплавка	Наплавка под слоем флюса	Газопламенное напыление	Плазменное напыление	Хромирование	Железнение	Электроконтактная приварка	Ручная наплавка	Электро-механическая обработка
Виды металлов и сплавов, к которым применим способ	Сталь	Сталь	Сталь	Все материалы	Все материалы	Сталь, чугун	Сталь, чугун	Все материалы	Все материалы	Сталь
Виды поверхностей, по отношению к которым применим способ	Наружные цилиндрические, плоские	Наружные цилиндрические, плоские	Наружные цилиндрические, плоские	Наружные цилиндрические, плоские	Наружные цилиндрические, плоские	Наружные и внутренние цилиндрические	Наружные и внутренние цилиндрические	Наружные и внутренние цилиндрические	Наружные и внутренние цилиндрические	Наружные цилиндрические
Минимальный наружный диаметр поверхности, мм	15	15	50	30	30	5	12	10	10	30
Минимальный внутренний диаметр поверхности, мм	–	–	–	–	–	40	40	60	40	–
Минимальная толщина наносимого покрытия, мм	0,5	0,5	1,5	0,3	0,3	0,05	0,1	0,1	1	0,05
Максимальная толщина наносимого покрытия, мм	3,5	3	5	1,5	3	0,3	1,5	1,5	6	0,12
Применимость способа при знакопеременных нагрузках	Применим	Неприменим	Применим	Неприменим	Применим	Применим	Применим	Применим	Применим	Применим



Таблица 5.2 – Значения коэффициентов износостойкости ( $K_i$ ), выносливости ( $K_e$ ), сцепляемости ( $K_c$ )

Способ восстановления	$K_i$	$K_e$	$K_c$
Наплавка в диоксиде углерода	0,85...1,1	0,9...1	1
Вибродуговая наплавка	0,85...1,1	0,62	1
Наплавка под слоем флюса	0,9...1,2	0,82	1
Дуговая металлизация	1,0...1,3	0,6...1	0,6...0,8
Газопламенное напыление	1,0...1,3	0,6...1	0,6...0,8
Плазменное напыление	1,0...1,5	0,7...1	0,6...0,9
Электролитическое хромирование	1,0...1,3	0,7...1	0,6...0,8
Электролитическое железнение	0,9...1,2	0,8	0,65...0,8
Электроконтактная наплавка	0,9...1,1	0,8	0,8...0,9
Ручная наплавка	0,9...1,1	0,8	1
Электромеханическая обработка (высадка и сглаживание)	0,9...1,1	1,2	1
Обработка под ремонтный размер	1	1	1
Установка дополнительной детали	1	0,8	1
Пластическое деформирование	0,8...1	1	1

*Из числа способов, отобранных по технологическому критерию, к дальнейшему анализу принимают те, которые обеспечивают коэффициент долговечности восстановленных поверхностей не менее 0,8, т.е. ресурс восстановленной детали в капитально отремонтированном агрегате не должен быть меньше 80% ресурса новой детали.*

Выбрав один или несколько способов устранения дефектов, которые обеспечивают необходимую твердость, износостойкость, выносливость и другие показатели, окончательное решение о целесообразности применения выбранного способа восстановления каждого дефекта детали принимают по технико-экономическому критерию.

Технико-экономический критерий связывает себестоимость восстановления детали с ее долговечностью после устранения дефектов.

$$K_э = C_{вij} / K_Д,$$

где  $K_э$  – коэффициент технико-экономической эффективности;

$C_{вij}$  – себестоимость восстановления  $i$ -й поверхности детали  $j$ -м способом,  $p$ ,

$$C_{вij} = C_{yij} \cdot S_i,$$

где  $C_{yij}$  – удельная себестоимость восстановления  $i$ -й поверхности детали  $j$ -м способом,  $p/cm^2$ ,

$S_i$  – площадь восстанавливаемой поверхности,  $cm^2$ .

Примерные значения удельной себестоимости восстановления поверхностей различными способами приведены в таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Удельная себестоимость восстановления

Способ восстановления	Удельная себестоимость восстановления, $p/cm^2$
Наплавка в диоксиде углерода	0,6...0,8
Вибродуговая наплавка	0,8...1
Наплавка под слоем флюса	1,2...1,4
Дуговая металлизация	0,8...1,2
Газопламенное напыление	0,8...1,2
Плазменное напыление	1...1,4
Электролитическое хромирование	0,4...0,9
Электролитическое железнение	0,05...0,5
Электроконтактная наплавка	0,85...1,2
Ручная наплавка	0,4...0,6
Электромеханическая обработка (высадка и сглаживание)	0,8...0,9
Обработка под ремонтный размер	0,08...0,14
Установка дополнительной детали	0,4...1
Пластическое деформирование	0,08

Окончательно принимают тот способ, у которого технико-экономический критерий имеет минимальное значение

$$K_э \rightarrow \min$$

Оптимальные способы восстановления определяются для каждой изношенной поверхности. Технико-экономическую характеристику способов устранения дефектов детали рекомендуется представить в виде таблицы (см. таблицу 5.4).

#### 5.4 Обоснование способов восстановления детали в целом

Для эффективности производства, рекомендуется использовать как можно меньше способов для восстановления различных изнашиваемых поверхностей деталей. Чем меньше способов для восстановления, тем меньше требуется оборудования, и тем выше его загрузка. Для окончательного выбора способа восстановления изношенных поверхностей детали рассматривают различные сочетания способов, начиная с минимального числа способов, а за основной принимают способ, оптимальный для наиболее изнашиваемой поверхности, коэффициент повторяемости дефекта которой максимальный и не ниже 0,8 ( $K_{д} \geq 0,8$ ). Анализ заканчивается определением технико-экономического критерия для каждого варианта сочетания способов восстановления

$$K_{эв} = \frac{C_в}{K_{дв}} = \frac{\sum K_i C_{вi}}{K_{дв}},$$

где  $K_{эв}$  – технико-экономический критерий восстановления детали (устранения всех возможных дефектов);

$C_в$  – себестоимость восстановления детали;

$K_{дв}$  – коэффициент долговечности восстановленной детали;

$K_i$  – коэффициент повторяемости  $i$ -того дефекта;

$C_{вi}$  – себестоимость восстановления  $i$ -той поверхности оптимальным для нее способом.

Таблица 5.4 – Технико-экономическая характеристика способов восстановления изношенных поверхностей детали

№ дефекта	Наименование дефекта	Коэффициент повторяемости дефекта $K$	Возможные способы восстановления	Коэффициент долговечности $K_D$	Себестоимость восстановления поверхности $C_{вст.р.}$	Технико-экономический критерий $C_e / K_D$
1		$K_1 =$				
2		$K_2 =$				
3		$K_3 =$				

Таблица 5.5 – Экономическая целесообразность восстановления деталей с различным сочетанием дефектов

Сочетание дефектов	Коэффициент повторяемости сочетания дефектов	Заводская себестоимость восстановления, р.	Минимальная цена восстановленной детали, р.
Дефект 1	$K_1 =$		
Дефект 2	$K_2 =$		
Дефект 3	$K_2 =$		
Сочетание дефектов 1 и 2	$K_{1,2} =$		
Сочетание дефектов 1 и 3	$K_{1,3} =$		
Сочетание дефектов 2 и 3	$K_{2,3} =$		
Сочетание дефектов 1, 2 и 3	$K_{1,2,3} =$		

Коэффициент долговечности восстановленной детали в целом определяется по формуле

$$K_{дв} = \frac{\sum K_i K_{дi}}{\sum K_i},$$

где  $K_{дi}$  – коэффициент долговечности  $i$ -поверхности, восстановленной оптимальным для нее способом.

### 5.5 Определение экономической целесообразности восстановления деталей с различным сочетанием дефектов

Экономически целесообразно восстанавливать изношенные поверхности деталей, если выполняется условие

$$C_n K_d - C_v > 0,$$

где  $C_n$  – цена новой детали, р.;

$C_v$  – цена восстановленной детали, р..

Цена восстановленной детали должна быть такой, чтобы, с одной стороны, потребителю выгодно было бы ее приобрести вместо новой детали, а, с другой стороны, производителю было бы выгодно ее восстанавливать.

Таким образом, можно определить интервал, в котором должна находиться цена восстановленной детали

$$C_v \max < C_n K_d,$$

$$C_v \min = C_{zi} + П,$$

где  $C_{zi}$  – заводская себестоимость восстановления детали с  $i$ -тым сочетанием дефектов;

$П$  – планируемая балансовая прибыль, р.

Заводская себестоимость восстановления детали с определенным сочетанием дефектов

$$C_{zi} = \sum_{i=1}^n C_{Bi} + Д_{П} + C_{Ф}, \text{ р.},$$

где  $C_{bi}$  – себестоимость устранения  $i$ -го сочетания дефектов детали без учета затрат на дополнительные работы, р.;

$D_{п}$  – стоимость дополнительных работ, которые необходимо выполнить при восстановлении детали с любым сочетанием дефектов, р.;

$C_{ф}$  – затраты на приобретение ремонтного фонда, р.

Стоимость дополнительных работ

$$D_{п} = 0,1 \sum_{i=1}^n C_{bi}, p.$$

Затраты на приобретение ремонтного фонда (стоимость приобретаемых изношенных деталей)

$$C_{ф} = 0,1 C_{в}, p.$$

Прибыль

$$\Pi = \frac{H_{пр} \cdot C_{зi}}{100}, p.$$

где  $H_{пр}$  – норма прибыли, %.

Экономически целесообразно восстанавливать детали, у которых норма прибыли не меньше 30%. Исходя из нормы прибыли, рассчитывается минимальная цена восстановленной детали с различными сочетаниями дефектов.

Ремонтному предприятию будет выгодно восстанавливать детали с таким сочетанием дефектов, при котором минимальная цена восстановленной детали  $C_{в min}$  будет ниже, чем максимальная  $C_{в max}$ .

Результаты определения экономической целесообразности восстановления деталей с различным сочетанием дефектов рекомендуется представить в виде таблицы (см. таблицу 5.5).

## 5.6 Разработка технологической документации на восстановление детали

Установив рациональный способ устранения дефектов детали, приступают к разработке схемы технологического процесса устранения каждого дефекта и составлению плана выполнения всех операций, предусмотренных маршрутом.

При проектировании технологического процесса восстановления детали разрабатывают соответствующую технологическую документацию:

- ремонтный чертеж;
- маршрутную карту (МК). Исходными данными для ее разработки являются карта эскизов, схема выбранного рационального способа устранения дефектов, сведения для выбора оборудования и оснастки, разряд работы и нормы времени;
- карту эскизов (КЭ) к маршрутной карте восстановления;
- операционную карту (ОК), содержащую описание операции с указанием переходов, режимов обработки и данные о средствах технологического оснащения;
- карты эскизов (КЭ) к операционным картам.

**Ремонтный чертеж** детали выполняется в масштабе 1:1 (если это возможно). Основные требования к оформлению ремонтного чертежа детали или сборочного ремонтного чертежа представлены в разделе 3.2.

Пример оформления ремонтного чертежа приведен в приложении Б.

**Маршрутная карта** (МК) восстановления детали в курсовом проекте разрабатывается на устранение всех или 3...4 основных дефектов (по заданию преподавателя). Формы и правила оформления маршрутных карт представлены в ГОСТ 3.1118.

В маршрутной карте отражаются все операции технологического процесса, начиная с очистки детали, дефектации и т.д., включая механическую обработку, контроль. Операции нумеруются цифрами, кратными пяти (005,010, 015 и т.д.).

При назначении последовательности выполнения операций необходимо исходить из следующих положений:

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

- операции, при выполнении которых производится съём металла большой толщины, также выполняются в числе первых, так как при этом выявляются возможные внутренние дефекты;
- если при восстановлении детали применяется термическая обработка, то операции выполняются в такой последовательности: черновая механическая, термическая, чистовая механическая;
- не рекомендуется совмещать черновые и чистовые операции, так как они выполняются с различной точностью;
- в последнюю очередь выполняются чистовые операции.

Если у детали изношены установочные базы, их восстанавливают в первую очередь.

Наименование операции записывается именем прилагательным, например: токарная, наплавочная, контрольная и т.д.

Содержание операции записывается глаголом в повелительном наклонении, например: наплавить поверхность шеек под подшипники до Ø 50.

В маршрутной карте также указывают:

- оборудование для выполнения каждой операции;
- наименование и характеристику материала, используемого для выполнения каждой операции;
- штучное время на выполнение каждой операции.

Пример выполнения МК представлен в приложении В.

**Операционные карты (ОК)** предназначены для описания технологических операций с указанием переходов, режимов обработки, данных о средствах технологического оснащения, норм штучного времени выполнения операции и переходов.

Форма и правила оформления операционной карты представлены в ГОСТ 3.1404 и в ГОСТ 3.1702.

В операционных картах после наименования операции (перехода) могут записываться технические требования, относящиеся к выполняемой операции



(переходу). Номера переходов в операционных картах обозначают арабскими цифрами в технологической последовательности.

Запись переходов необходимо выполнять кратко с указанием метода обработки, выраженной глаголом в повелительном наклонении, и поверхности.

Пример выполнения ОК представлен в приложении Г.

**Карты эскизов (КЭ)** выполняют для каждой операции. КЭ выполняют в соответствии с ГОСТ 3.1105. В них отражают: эскиз детали, схему базирования при выполнении данной операции, размеры поверхности или другие характеристики, получаемые при выполнении данной операции.

### 5.7 Разработка маршрутов восстановления детали

На ремонтных предприятиях применяют следующие организационные формы восстановления детали:

- подефектная;
- маршрутная;
- маршрутно-групповая.

**Подефектная технология** используется в тех случаях, когда программа ремонта небольшая, и заключается в том, что технологический процесс восстановления детали разрабатывается на каждый дефект в отдельности. При подефектной технологии детали для восстановления комплектуют только по наименованиям, без учета имеющихся в них сочетаниях дефектов. Несмотря на ряд недостатков подефектной технологии, её применяют на небольших ремонтных предприятиях.

**Маршрутная технология** предусматривает составление технологии на комплекс дефектов, которые устраняют в определенной последовательности, названной маршрутом. Комплекс дефектов должен определяться естественной взаимосвязью, единством технологии восстановления и её целесообразностью.

**Маршрутно-групповая технология** предусматривает разбивку дефектных деталей на классы и группы и разработку единого (типового) маршрутного

технологического процесса восстановления групп деталей на одном оборудовании с применением единой оснастки и инструментов.

В основу типизации технологических процессов восстановления деталей берут такие признаки, как конструктивно технологические параметры деталей, их группирование по конструктивному подобию, массе, габаритам, материалу, виду термической обработки, общности способов восстановления, базирования на станках, типу оборудования для нанесения металлопокрытий, механической обработке и техническому контролю, последовательности выполнения операций.

При разработке маршрутной технологии восстановления необходимо следовать следующим правилам:

1) установленные дефекты сгруппировать в маршруты. В основу методики группирования сочетания дефектов в маршруты положены наименьшее перемещение деталей, взаимосвязь и частота повторяемости дефектов, наименьшее отличие по трудоёмкости их устранения.

Сочетание дефектов по маршрутам должно соответствовать действительному, с которым детали поступают на восстановление, т.е. необходимо иметь экспериментальные данные, на основании которых устанавливают вероятные сочетания дефектов в одноименных деталях, поступающих на ремонт.

2) установить число маршрутов, которое должно быть минимальным (два-три), и каждому маршруту присвоить номер.

Схема маршрутов технологического процесса восстановления на примере вала кулачкового топливного насоса представлена на рисунке 5.1.

На основании разработанного маршрута и выбранного рационального способа восстановления деталей составляется маршрутная карта (МК) и операционная карта (ОК) на основную операцию.

Для заполнения стандартной формы МК необходимо определить время, затрачиваемое на выполнение каждой технологической операции, и время, затрачиваемое на восстановление детали в целом.

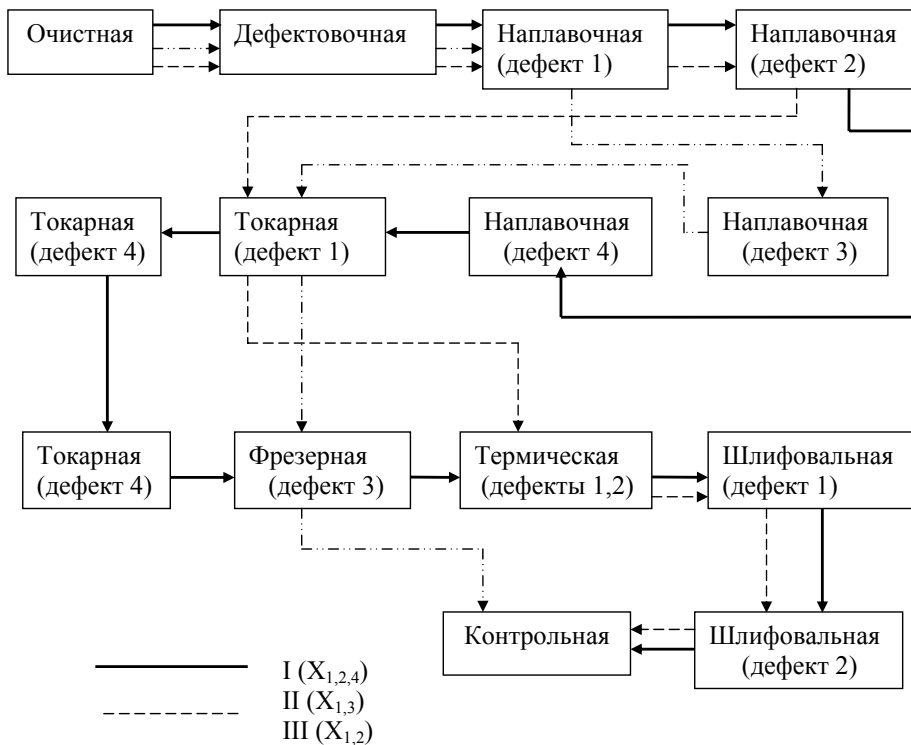


Рисунок 5.1 – Схема маршрутов технологического процесса восстановления вала кулачкового топливного насоса

### 5.8 Расчет режимов выполнения технологических операций по восстановлению деталей

Режимы выполнения технологических операций назначаются с учетом технических требований, изложенных на ремонтном чертеже детали.

Расчет режимов **механизированной электродуговой наплавки под слоем флюса** предполагает определение следующих параметров:

- сила сварочного тока

$$I_{св} = 40 \sqrt[3]{D}, A,$$

где  $D$  – диаметр детали, мм;

– напряжение источника питания

$$U = 2I + 0,04 I_{св} B;$$

– коэффициент наплавки

$$K_n = 2,3 + 0,065(I_{св} / d), \text{ з/А}\cdot\text{ч},$$

где  $d$  – диаметр электродной проволоки, мм;

– скорость наплавки

$$V_n = \frac{K_n \cdot I_{св}}{h \cdot S \cdot \gamma}, \text{ м/ч},$$

где  $h$  – толщина наплавляемого слоя, мм;

$S$  – шаг наплавки, мм/об;

$\gamma$  – плотность электродной проволоки,  $\gamma = 7,85 \text{ з/см}^3$ .

– частота вращения детали

$$n = \frac{1000 \cdot V_n}{60 \cdot \pi \cdot D}, \text{ мин}^{-1},$$

– скорость подачи электродной проволоки

$$V_3 = \frac{4 \cdot I_{св} \cdot K_n}{\pi \cdot \gamma \cdot d^2}, \text{ м/ч};$$

– шаг наплавки

$$S = (2 \dots 2,5)d, \text{ мм/об};$$

– вылет электродной проволоки

$$H = (10 \dots 15)d, \text{ мм};$$

– смещение электродной проволоки

$$e = (0,05 \dots 0,07)D, \text{ мм}.$$

Толщина наплавляемого слоя металла, наносимого на наружные цилиндрические поверхности, определяется по следующей формуле:

$$H = \frac{И}{2} + t + t_1,$$

где  $И$  – износ детали, мм;

$t$  – припуск на механическую обработку после нанесения покрытия на сторону (таблица 5.6), мм;

$t_1$  – припуск на механическую обработку перед наплавкой на сторону,

$t_1 = (0,1 \dots 0,3) \text{ мм.}$

Таблица 5.6 – Припуск на механическую обработку при восстановлении деталей различными способами  
В миллиметрах

Способ восстановления	Минимальный односторонний припуск, $t$
Ручная электродуговая наплавка	1,4...1,7
Наплавка под слоем флюса	0,8...1,1
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...0,6
Электродуговая металлизация	0,2...0,4
Железнение	0,1...0,21
Хромирование	0,05...0,1

Твердость наплавленного слоя зависит от марок наплавочной проволоки и флюса. Использование керамических флюсов позволяет повысить твердость до 40...55 HRC (без термической обработки) [3].

При определении режимов **вибродуговой наплавки** определяются:

- сила сварочного тока

$$I_{св} = (60 \dots 75) \left( \frac{\pi \cdot d^2}{4} \right), \text{ А,}$$

- скорость подачи электродной проволоки

$$V_3 = \frac{0,1 \cdot I_{св} \cdot U}{d^2},$$

где  $U$  – напряжение источника питания,  $U = 12 \dots 25 \text{ В}$ ;

- скорость наплавки

$$V_H = \frac{0,785 \cdot d \cdot V_3 \cdot \mu}{h \cdot S \cdot a}, \frac{\text{м}}{\text{ч}},$$

где  $\mu$  – коэффициент перехода электродного материала в наплавленный металл,

$$\mu = 0,8 \dots 0,9;$$

$a$  – коэффициент, учитывающий отклонение фактической площади сечения наплавленного слоя,  $a = 0,7 \dots 0,85$ .

- частота вращения детали

$$n = \frac{1000 \cdot V_{\text{н}}}{60 \cdot \pi \cdot D}, \text{ мин}^{-1};$$

- шаг наплавки

$$S = (1,6 \dots 2,2)d, \text{ мм/об};$$

- амплитуда колебаний электродной проволоки

$$A = (0,75 \dots 1,0)d, \text{ мм};$$

- вылет электродной проволоки

$$H = (5 \dots 8)d, \text{ м}.$$

Твердость наплавленного слоя зависит от химического состава электродной проволоки и количества охлаждающей жидкости. При вибродуговой наплавке можно получить твердость поверхности от 22 HRC до 55 HRC [3]. Максимальное значение твердости достигается при наплавке проволокой Нп-60 (Нп-80) с охлаждением.

Сила тока и напряжение источника питания при **наплавке в среде углекислого газа** выбирают по таблице 5.7.

Таблица 5.7 – Режимы наплавки в среде углекислого газа

Диаметр проволоки, мм	Диаметр детали, мм	Сила тока, А	Напряжение, В
0,8...1,0	10...20	70...95	18...19
	20...30	90...120	18...19
	30...40	110...140	18...19
1,0...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...2,0	90...120	195...225	20...22

Твердость поверхности, наплавленной низкоуглеродистой проволокой, составляет HB 200...250. Применение проволоки с содержанием углерода более 0,3% после закалки позволяет получить твердость до 50 HRC [3].

При **плазменной наплавке** скорость наплавки, частота вращения детали, толщина покрытия определяются по формулам, принятым для механизированной электродуговой наплавки под слоем флюса.

Значение силы тока находится в пределах  $I = 200 \dots 230 \text{ А}$ .

Коэффициент наплавки принимают равным  $K_n = 10 \dots 13 \text{ з/Ач}$ .

Расход порошка определяется по формуле:

$$Q = 0,1 \cdot V \cdot S \cdot h \cdot \gamma \cdot K_n,$$

где  $S$  – шаг наплавки,  $S = 0,4 \dots 0,5 \text{ см/об}$  [3];

$h$  – толщина наплавленного слоя,  $\text{мм}$ ;

$\gamma$  – плотность наплавленного металла,  $\gamma = 7,4 \text{ з/см}^3$  [3];

$K_n$  – коэффициент, учитывающий потери порошка,  $K_n = 1,12 \dots 1,17$  [3].

Режимы **электроконтактной приварки ленты** толщиной до 1 мм представлены в таблице 5.8.

Таблица 5.8 – Режимы электроконтактной приварки ленты

Параметр	Значение параметра
Сила сварочного тока, $\text{кА}$	16,1...18,1
Длительность сварочного цикла, $\text{с}$	0,04...0,08
Длительность паузы, $\text{с}$	0,10...0,12
Подача сварочных клещей, $\text{мм/об}$	3...4
Усилие сжатия электродов, $\text{кН}$	1,3...1,6
Ширина рабочей части сварочных роликов, $\text{мм}$	4
Скорость наплавки, $\text{м/мин}$	3...4

Частоту вращения детали рассчитывают аналогично наплавке под слоем флюса.

Твердость наплавленного материала зависит от марки стали ленты и может находиться в пределах от 30 HRC до 65 HRC.

Для наплавки деталей из алюминиевых сплавов применяют аргонодуговую наплавку.

Режимы **аргодуговой наплавки** неплавящимся электродом представлены в таблице 5.9.

Таблица 5.9 – Режимы аргодуговой наплавки

Толщина материала, мм	Сила тока, <i>A</i>	Напряжение, <i>B</i>	Диаметр вольфрамового электрода, мм	Диаметр при-сачочной про-волоки, мм
2...3	70...100	22...24	2...3	2
4...6	100...120	22...24	3...4	3
6...10	120...160	22...24	4	3...4
10...15	160...240	20...22	4...5	4...5
15 и более	200...240	20...22	5...6	5...6

Скорость наплавки, частота вращения детали, скорость подачи электродной проволоки, шаг наплавки, смещение электрода определяются по тем же формулам, что и при наплавке под слоем флюса.

Для восстановления изношенных поверхностей деталей также применяются **гальванические покрытия (железнение, хромирование, никелирование, цинкование)**.

Режимы электролитического наращивания определяют следующим образом:

- сила тока, *A*

$$I = D_k \cdot F_k,$$

где  $D_k$  – катодная плотность тока,  $A/\partial m^2$ ;

$F_k$  – площадь покрываемой поверхности,  $\partial m^2$ .

- скорость осаждения металла, мм/ч

$$V = \frac{D_k \cdot C \cdot \eta_k}{1000\gamma},$$

где  $C$  – электрохимический эквивалент,  $г/(A \cdot ч)$ ;

$\eta_k$  – коэффициент выхода металла на катоде по току, %;

$\gamma$  – плотность осаждаемого металла,  $г/см^3$ .



Значение основных параметров по основным видам гальванических покрытий приведены в таблице 5.10.

Таблица 5.10 – Параметры гальванических покрытий

Вид гальванического покрытия	Параметры процесса				
	$C, \text{г}/(\text{А} \cdot \text{ч})$	$D_{\text{к}}, \text{А}/\text{дм}^2$	$\eta_{\text{к}}, \%$	$h, \text{мм}$	$\gamma, \text{г}/\text{см}^3$
Хромирование износостойкое	0,324	50...75	11...32	0,2...0,3	6,90
Железнение	1,042	20...40	80...90	0,4...1,1	7,85
Никелирование	1,094	3	95	0,01...0,02	8,85
Цинкование	1,220	2	95	0,010	7,13

**Механическая обработка** восстанавливаемых деталей характеризуется определенными особенностями, заключающимися в высокой твердости, неравномерности распределения припуска на обработку, неоднородности свойств обрабатываемой поверхности.

Основными видами механической обработки при различных методах восстановления являются токарная и шлифовальная. Токарная обработка применяется в большинстве случаев тогда, когда после восстановления размеров одним из способов (наплавка, напыление, электролитические покрытия) припуск на обработку превышает 0,25 мм на сторону, а твердость нанесенного покрытия менее HRC 35...40. При этом в качестве режущего инструмента используют, как правило, резцы с пластинками из твердого сплава.

Шлифование применяют тогда, когда твердость обрабатываемой поверхности превышает HRC 35...40 или когда нужно получить высокую точность обработки и малую шероховатость поверхности. Шлифование применяют либо сразу после покрытия, либо после предварительной токарной обработки.

Режимы резания при **токарной обработке поверхностей**, восстанавливаемых различными методами, приведены в таблице 5.11.

Режимы резания при **шлифовании поверхностей**, восстановленных различными методами, приведены в таблице 5.12.

Таблица 5.11 – Режимы токарной обработки восстанавливаемых деталей

Способ восстановления	Вид обработки	Материал инструмента	Режимы резания		
			Скорость резания V, м/мин	Подача S, мм/об	Глубина обработки t, мм
Наплавка	Черновая	T15K6,	46,0	0,2	1,0
		T14K8,	27,5	0,3	2,0
		BK6, BK8	19,0	0,4	3,0
	Чистовая	T15K6,	138	0,15	0,25
		T14K8,	104	0,20	0,50
		BK3, BK6, BK8	67	0,30	0,75
Термическое напыление порошковых материалов	Черновая	T15K6, T14K8, BK6, BK8	20	0,30	0,50
	Чистовая	T15K6, T30K4, BK6, BK8	40	0,15	0,20
		T15K6, T30K4, BK6, BK8	30	0,15	0,2
Электролитическое железение	Черновая	T15K6, T30K4, BK6, BK8	50	0,12	0,1
	Чистовая	T15K6, T30K4, BK6, BK8			

Таблица 5. 12– Режимы шлифования восстанавливаемых деталей

Способ восстановления	Вид обработки	Материал шлифовального круга	Режимы резания			
			Скорость вращения круга $V_{кр}$ , м/с	Скорость вращения детали $V_{дэ}$ , м/мин	Скорость продольной подачи $V_{пр}$ , мм/мин	Глубина резания $t$ , мм
Наплавка	Черновая	Нормальный электрокорунд 12А...16А, зернистость 40...50, твердость СТ2...СТ1, связка керамическая	25...30	10...15	700	0,01...0,05
	Чистовая	Белый электрокорунд 22А...25А, зернистость 46...60, твердость СМ2...СМ1, связка керамическая	30..32	12...15	400...700	0,008...0,01
Термическое напыление порошковых материалов	Черновая	Нормальный электрокорунд 12А...16А, зернистость 40...50, твердость СТ2...СТ1, связка керамическая	10...30	6...15	500...700	0,01...0,03
	Чистовая	Белый электрокорунд 22А...25А, зернистость 46...60, твердость СМ2...СМ1, связка керамическая	20..30	3...6	300...500	0,008...0,01
Электроконтактная наварка металлической ленты	Чистовая	Белый электрокорунд 22А...25А, зернистость 46...60, твердость СМ2...СМ1, связка керамическая	30...40	25...30	200...300	0,008...0,01
	Чистовая	Синтетический алмаз АС6К6, АС15К8, АС20К6 50%, АС32К6 50%	25...35	20...25	1000...1500	0,01...0,02
Электролитическое хромирование	Чистовая	Нормальный электрокорунд 12А...16А, зернистость 40...50, твердость С1...С2, связка керамическая	30...40	15...20	1000...1500	0,008...0,01

При расчете режимов **сверления (рассверливания)** определяют следующие параметры:

- глубина резания при сверлении, мм

$$t = D / 2,$$

где  $D$  – диаметр сверла, мм;

- глубина резания при рассверливании, мм

$$t = (D - d) / 2,$$

где  $d$  – диаметр предварительно подготовленного (просверленного) отверстия, мм;

- подача, мм/об

$$S = 0,035 \cdot D^{0,6};$$

- скорость резания при сверлении, м/мин

$$V = \frac{C_1 \cdot D^q}{T^m \cdot S^y},$$

где  $C_1, q, m, y$  – коэффициенты, выбираются по таблице 5.13;

- скорость резания при рассверливании, м/мин

$$V = \frac{C_1 \cdot D^q}{T^m \cdot S^y \cdot t^x},$$

где  $T$  – стойкость сверла, мин (таблица 5.14);

$x$  – коэффициент выбирается по таблице 5.13.

Таблица 5.13 – Значения коэффициентов при расчете скорости резания при сверлении и рассверливании сталей

Подача $S$ , мм/об	Сверление				Рассверливание				
	$C_1$	$m$	$y$	$q$	$C_1$	$m$	$y$	$q$	$x$
до 0,2	7,0	0,2	0,7	0,4	11,6	0,2	0,2	0,5	0,4
свыше 0,2	9,8	0,2	0,5	0,4	11,6	0,2	0,2	0,5	0,4

Таблица 5.14 – Стойкость сверла при обработке сталей

Диаметр сверла, мм	8	12	16	20	24	30
Стойкость сверла, $T$ , мин	10	10	12	18	18	30

Частота вращения детали определяется по той же формуле, что и для токарной обработки.

При **фрезеровании** определяются следующие параметры:

– подача на зуб

для цилиндрических фрез  $S_z = 0,01 \dots 0,10$  мм/зуб;

для твердосплавных торцовых фрез  $S_z = 0,02 \dots 1,0$  мм/зуб;

– подача на один оборот фрезы,  $S_{об} = S_z \cdot z$  мм/об,

где  $z$  – число зубьев фрезы, выбирается по справочной литературе;

– скорость резания

$$V = \frac{C_2 \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot z^n \cdot B^z \cdot S_z^y}, \text{ м/мин}$$

где  $D$  – наружный диаметр фрезы, мм (выбирается по справочной литературе);

$T$  – стойкость фрезы, мин (см. таблица 5.15);

$t$  – глубина фрезерования, мм (определяется припуском на обработку);

$B$  – ширина фрезерования, мм.

Значения коэффициентов  $C_2, q, m, x, y, z, n$  выбираются по таблице 5.16.

Таблица 5.15 – Стойкость фрез из твердых сплавов

Тип фрезы	Число зубьев фрезы						
	4	5	6	8	10	12	16
	Стойкость фрезы, мин						
Торцовые с призматическими ножами	160	200	240	320	400	–	–
Торцовые с круглыми ножами	100	100	120	160	200	240	–
Дисковые	–	–	–	240	300	360	480
Концевые:							
диаметр до 30 мм				60			
диаметр свыше 30 мм				180			

Таблица 5.16 – Значения коэффициентов в формуле резания при фрезеровании

Материал ре- жущей части	Обрабатывае- мый материал	$C_2$	$q$	$m$	$x$	$y$	$z$	$n$
Быстрорежущая сталь	Сталь	30	0,45	0,33	0,30	0,30	0,10	0,10
Твердый сплав	Сталь	330	0,20	0,20	0,10	0,20	0,20	0,10

Частота вращения фрезы определяется по той же формуле, что и для токарной обработки.

### 5.9 Расчет норм времени

В условиях крупносерийного и массового производства для определения норм времени используют, как правило, расчетный (аналитический) метод; в условиях единичного и мелкосерийного производства широко применяют опытно-статистический метод.

При единичном, мелкосерийном и серийном производстве технической нормой времени является штучно-калькуляционное время ( $T_{шт.к}$ ), а при крупносерийном и массовом – штучное время ( $T_{шт}$ ), так как затраты подготовительно-заключительного времени при этом невелики.

$$T_{шт.к} = T_{шт} + T_{н.з} / Z,$$

где  $T_{н.з}$  – подготовительно-заключительное время, мин;

$Z$  – число заготовок деталей в партии, при курсовом проектировании можно принять  $Z = (10 \dots 20)$  шт.

В условиях массового производства  $T_{н.з}$  принимают равным нулю.

Норму штучного времени определяют по зависимости

$$T_{шт} = T_o + T_{всп} + T_{обс} + T_{о.л.}$$

где  $T_o$  – основное технологическое время, мин;

$T_o$  – вспомогательное время, мин;

$T_{обс}$  – время на обслуживание рабочего места, *мин*;

$T_{о.л}$  – время на отдых и личные потребности, *мин*.

В условиях единичного и серийного производства время на обслуживание рабочего места, а также на отдых и личные потребности определяют в процентах от оперативного времени, равного сумме основного и вспомогательного времени ( $T_{он} = T_o + T_{\text{в}}$ ).

$$T_{\text{итм}} = (T_o + T_{\text{всн}}) \cdot \left(1 + \frac{K}{100}\right),$$

где  $K$  – коэффициент, учитывающий затраты времени на обслуживание рабочего места (организационное и техническое), а также на отдых и личные потребности рабочего, в курсовом проектировании можно принять  $K = 10 \%$ .

Основное время  $T_o$  (*мин*) определяется следующим образом:

**а) при токарной обработке**

$$T_o = \frac{L \cdot i}{n \cdot S}; \quad n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot d},$$

где  $L$  – длина обрабатываемой поверхности детали, *мм*;

$i$  – число проходов для снятия припуска;

$n$  – частота вращения детали, *мин<sup>-1</sup>*;

$S$  – подача, *мм/об*;

$v$  – скорость резания, *м/мин*;

$d$  – диаметр обрабатываемой поверхности, *мм*;

**б) при сверлильных работах**

$$T_o = \frac{L}{n \cdot S},$$

где  $L$  – глубина сверления, *мм*;

$n$  – частота вращения сверла, *мин<sup>-1</sup>*;

$S$  – подача на один оборот сверла, *мм/об*;

**в) при фрезерных работах**

$$T_o = \frac{L \cdot i}{v_{\text{см}}},$$

где  $L$  – длина прохода, мм;

$i$  – число проходов;

$v_{\text{SM}}$  – скорость минутной подачи, мм/мин;

г) при шлифовальных работах

$$T_o = \frac{L \cdot h}{t \cdot v_{\text{np}}} \cdot K,$$

где  $L$  – длина обрабатываемой поверхности, мм;

$h$  – припуск на сторону, мм;

$t$  – глубина резания (поперечная подача круга), мм;

$v_{\text{np}}$  – скорость продольной подачи, мм/мин;

$K$  – коэффициент точности,  $K = 1, 2 \dots 1, 8$ .

д) при механизированной наплавке, газотермическом напылении цилиндрической поверхности

$$T_o = \frac{L \cdot i}{n \cdot S},$$

где  $L$  – длина наплавляемой поверхности, мм;

$i$  – число проходов;

$n$  – частота вращения детали, мин<sup>-1</sup>;

$S$  – продольная подача наплавочной головки, мм/об;

е) при гальванических работах

$$T_o = \frac{1000 \cdot h \cdot \gamma}{D_k \cdot c \cdot \eta}, \text{ час},$$

где  $h$  – толщина покрытия, мм;

$\gamma$  – плотность осаждаемого металла, г/см<sup>3</sup>;

$D_k$  – катодная плотность тока, А/дм<sup>2</sup>;

$c$  – электрохимический эквивалент осаждаемого металла, г/А·ч;

$\eta$  – выход металла по току, %;

$$T_{\text{ум}} = \frac{T_o + T_{\text{всп}} + T_{\text{доп}}}{n_d \cdot n_B \cdot K_B},$$

где  $n_d$  – количество деталей при одной загрузке ванны;



$n_B$  – количество ванн;

$\kappa_B$  – коэффициент использования ванн,  $\kappa_B = 0,65 \dots 0,75$ .

Вспомогательное время  $T_{всп}$  в зависимости от применяемой технологической оснастки принимают в пределах  $T_{всп} = 2 \dots 12$  мин.

Дополнительное время

$$T_{доп} = 0,1(T_o + T_{всп}).$$

Подготовительно-заключительное время принимается  $T_{пз} = 15 \dots 20$  мин на партию деталей.

## 6 Технологический расчет участка по восстановлению детали

### 6.1 Расчет трудоемкости ремонта

Трудоемкость объекта ремонта определяется по маршрутной карте (см. приложение В) путем суммирования времени на восстановление детали по формуле:

$$t = \sum T_i, \text{ чел/ч,}$$

где  $T_i$  – затраты времени по операциям.

Годовой объем работ ( $T_г$ ) определяется по трудоемкости объекта ремонта по формуле:

$$T_г = t \cdot N, \text{ чел/ч,}$$

где  $N$  – годовая программа восстановления деталей.

При определении годовой программы восстановления необходимо учесть детали, которые не требуют восстановления (не имеют ни одного дефекта), а также детали, восстанавливать которые экономически нецелесообразно (см. раздел 5.5).

### 6.2 Расчет численности рабочих на участке

Режим работы предприятия зависит от характера производства и включает в себя следующие параметры: характер рабочей недели, число рабочих дней,

смен и их продолжительность. При выполнении курсового проекта принимают режим работы предприятия в одну или две смены (указано в задании) при пятидневной рабочей неделе, продолжительность смены 8 часов.

Годовые фонды времени рабочих различных специальностей представлены в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Годовые фонды времени рабочих

Специальность рабочего	Номинальный фонд $\Phi_{нр}$	Действительный фонд $\Phi_{др}$
Гальваник	2070	1840
Электрогазосварщик	2070	1820
Токарь	2070	1860

Численность основных производственных рабочих по участкам определяют по формулам:

$$R_{уч}^Я = T_{уч}/\Phi_{нр} \cdot K; \quad R_{уч}^{СП} = T_{уч}/\Phi_{др} \cdot K,$$

где  $R_{уч}^Я$ ,  $R_{уч}^{СП}$  – явочное и списочное число рабочих;

$T_{уч}$  – годовая трудоемкость работ по участку или рабочему месту, чел/ч;

$\Phi_{нр}$ ,  $\Phi_{др}$  – номинальный и действительный фонды времени рабочего, ч;

$K$  – планируемый коэффициент перевыполнения выработки,

$K = 1,05 \dots 1,15$ .

### 6.3 Расчет количества оборудования и рабочих мест

Расчет количества оборудования производится по трудоемкости (годовому объему работ, выполняемых на данном виде оборудования):

$$X_0 = T_c/\Phi_{д.о.}$$

где  $X_0$  – количество оборудования;

$T_c$  – годовой объем работ, чел/ч;

$\Phi_{д.о.}$  – действительный годовой фонд времени оборудования, ч.

Годовые фонды времени различных видов оборудования представлены в таблице 6.2.

Таблица 6.2 – Годовые фонды времени оборудования

Вид оборудования	Номинальный фонд $\Phi_{но}$		Действительный фонд $\Phi_{до}$	
	при работе в одну смену	при работе в две смены	при работе в одну смену	при работе в две смены
Гальваническое оборудование	2070	4140	2007	4015
Металлорежущие станки	2070	4140	2007	4015
Сварочное и термическое оборудование	2070	4140	1968	3939

После расчета количества необходимо подобрать оборудование по видам и маркам и заполнить ведомость оборудования (см. таблицу 6.3).

Таблица 6.3 – Ведомость оборудования

Наименование	Модель	Количество	Мощность, кВт	Площадь, м <sup>2</sup>
Итого				

#### 6.4 Расчет площади участка

Занимаемая ремонтным предприятием площадь – это общая площадь производственных, административно-конторских, бытовых и складских помещений.

К производственным площадям участков ремонтного предприятия относятся: площади, занятые технологическим оборудованием, рабочими местами, в том числе верстаками, стендами и т.п., наземными транспортными устройствами, в том числе конвейерами, заготовками, деталями и сборочными единицами,

находящимися возле рабочих мест и оборудования, а также рабочими зонами, проходами и проездами между оборудованием (кроме магистральных проездов).

Площадь участка рассчитывается по формуле:

$$F_{уч} = F_{об} \cdot \sigma, \text{ м}^2,$$

где  $F_{об}$  – площадь, занимаемая оборудованием (см. таблицу 6.3);

$\sigma$  – коэффициент, учитывающий рабочие зоны и проходы,

$\sigma = 5,0 \dots 5,5$ .

Далее необходимо рассчитать размеры участка

$$F_{уч} = L \cdot B, \text{ м}^2,$$

где  $L$  – длина участка, м;

$B$  – ширина участка, м.

При определении размеров участка необходимо учитывать существующее расположение наружных и внутренних стен мастерской, в которой планируется разместить участок. Стены располагаются по опорам, а расстояние между опорами (шаг колонн) равен 6 м, поэтому один из габаритных размеров участка должен быть кратным 6.

## 6.5 Технологическая планировка оборудования участка

На технологической планировке необходимо показать строительные элементы здания, оказывающие влияние на расстановку оборудования, технологическое и подъемно-транспортное оборудование, местоположение рабочих при выполнении работы, места подвода электроэнергии, сжатого воздуха, воды, пара, газа и т.д., площадки для хранения деталей, проходы, проезды и т.д.

На плане изображают разбивочные оси с их маркировкой, колонны, наружные и внутренние стены, перегородки. Также необходимо показать проемы для ворот, дверей и окон. Пример выполнения технологической планировки участка представлен в приложении Е.

Основным принципом размещения оборудования является прямолинейность движения деталей при восстановлении и установлении минимальных расстояний между оборудованием, а также между оборудованием и элементами зданий согласно нормам технологического проектирования (см. приложение Ж). Каждый вид оборудования изображается условно, размеры изображения должны соответствовать размерам оборудования в принятом масштабе. Габариты оборудования необходимо показывать с учетом крайних положений движущихся частей, откидных кожухов, открывающихся дверей и т.д. Условное изображение различных видов технологического оборудования представлено в приложении И.

Возле оборудования показывают место расположения рабочего в виде круга диаметром 500 мм в соответствующем масштабе. Половину круга затеняют. Светлая часть круга обозначает лицо рабочего и должна быть обращена к оборудованию.

Для координирования положения оборудования на участке его привязывают к строительным элементам зданий, т.е. указывают расстояние между оборудованием и элементами здания, а также необходимо указать расстояния между различными видами оборудования.

## 7 Конструкторская разработка

### 7.1 Обоснование выбора темы конструкторской разработки

Тема конструкторской разработки должна быть связана с технологическим разделом проекта. В этом разделе необходимо представить разработку новой конструкции или модернизацию существующей конструкции специальных приспособлений, подъемно-транспортных устройств и т.д.

Конструкторская разработка может быть выполнена на основе Патента на изобретение или Авторского свидетельства.

Поиск существующих конструкторских разработок, представленных в виде патентов, изобретений, рационализаторских предложений проводится по

периодически издаваемым реферативным сборникам, глубина поиска должна составлять не более 10 лет. Ссылка на авторов обязательна.

Также можно осуществлять поиск информации в интернете. В этом случае необходимо дать адрес интернет-сайта.

По назначению приспособления оборудование можно условно разделить на следующие группы:

- оборудование, применяемое для сборочно-разборочных операций;
- оборудование и приспособления для кузовных, регулировочных работ, отделочных и доводочных операций и т.д.;
- диагностическое оборудование;
- оборудование и приспособления для проведения всех видов технического обслуживания;
- оборудование и приспособления для всех видов ремонта;
- станочные приспособления, приспособления для крепления рабочих инструментов;
- контрольные приспособления для проверки качества ремонта или технического состояния изделий;
- оборудование, оснастка, приспособления для восстановления и упрочнения деталей.

## 7.2 Описание конструкции и принципа действия

При описании конструкции предлагаемого приспособления необходимо выполнить схему и дать подробное описание принципа действия.

## 8 Расчет годового расхода электроэнергии и тепла

Для расчета среднегодового расхода силовой электроэнергии для каждого производственного участка (цеха), по ведомости установленного оборудования,

определяется мощность электроприемников. Затем с учетом коэффициента спроса для каждой группы электроприемников рассчитывается активная мощность по формуле:

$$P_a = \eta_c \cdot \sum P_{уст.}$$

где  $\eta_c$  – коэффициент спроса, учитывающий недогрузку (по мощности) и неодновременность работы электроприемников, потери в сети электроприемников и электродвигателях, для подъемно-транспортных средств  $\eta_c = 0,10$ , для термических установок  $\eta_c = 0,75$ , для станков  $\eta_c = 0,15$ , для мощных установок  $\eta_c = 0,25$ , для вентиляторов  $\eta_c = 0,65$ ;

$\sum P_{уст.}$  – общая мощность электроприемников, кВт·ч, (см. таблицу 6.3).

Годовой расход силовой электроэнергии для предприятия определяется по формуле:

$$W_{эс} = \sum P_a \cdot \Phi_0 \cdot \eta_э$$

где  $\sum P_a$  – сумма активных мощностей электроприемников по каждому участку, кВт·ч;

$\Phi_0$  – действительный фонд времени оборудования, ч;

$\eta_э$  – коэффициент загрузки оборудования по времени,  $\eta_э = 0,50 \dots 0,75$ .

Годовой расход пара на отопление и вентиляцию вычисляется по формуле:

$$q_{э.р.п.} = q_T \cdot T_{от} \cdot V_{зд} / 1000 \cdot i,$$

где  $q_T$  – расход тепла на  $1 \text{ м}^2$  здания (при отсутствии искусственной вентиляции  $q_T = 15 \dots 20 \text{ ккал/ч}$  на  $1 \text{ м}^2$ , при наличии искусственной вентиляции потери принимаются в размере  $25 \dots 35 \text{ ккал/ч}$  на  $1 \text{ м}^2$  суммарно).

$T_{от}$  – число часов отопительного периода в данном поясе (определяется по СНиП 23-01-99), при курсовом проектировании можно принять  $T_{от} = 5300 \text{ ч}$ ;

$V_{зд}$  – объем производственного корпуса,  $\text{м}^3$ ;

$i$  – теплосодержание пара,  $i = 540 \text{ ккал/ч}$ .

## 9 Описание процесса транспортирования детали на участке

На ремонтных предприятиях применяют мостовые краны, кран-балки, рольганги. В масштабах участка более рационально применять электротельфер грузоподъемностью до 500 кг, шириной 2 м, скоростью перемещения до 0,5 м/с, мощностью  $P = 3$  кВт.

Для перемещения груза между рабочими местами может быть использована и ручная тележка.

## 10 Мероприятия по охране труда, технике безопасности, пожарной безопасности

Мероприятия по технике безопасности предусматривают проведение вводного и других видов инструктажа по технике безопасности. У начальника цеха должен быть журнал, в котором указывают время проведения инструктажа, имя, фамилию и подпись инструктируемого.

Производственные, складские и вспомогательные помещения должны удовлетворять требованиям СНиП и санитарным нормам проектирования предприятий.

В производственных помещениях, в которых, по условиям производства, выделяются вредные факторы (пыль, пары, газы), предусматривают вентиляционные установки.

Проходы между оборудованием и рабочими местами должны быть не менее предусмотренных ГОСТом.

Кроме производственных помещений должны быть предусмотрены гардеробные и санитарно-бытовые помещения (умывальные, душевые) в соответствии с нормами.

Естественное и искусственное освещение производственных помещений и рабочих мест необходимо планировать в соответствии с требованиями СНиП 11-4-79 и ТУ.



Производственные, санитарно-бытовые и вспомогательные помещения оборудуют центральным отоплением и вентиляцией, чтобы обеспечить равномерную температуру и соответствующее состояние воздушной среды помещений. Средняя внутренняя температура должна быть для производственных помещений  $+15^{\circ}\text{C}$ , административных зданий  $+18..20^{\circ}\text{C}$ .

Для обеспечения рабочих мест питьевой водой предусматривают устройство водопроводных колонок с кранами.

Все электрические установки располагают в строгом соответствии с действующими правилами. Металлические части электрооборудования заземляют.

В проектах необходимо предусматривать мероприятия по улучшению охраны труда на предприятии и рабочих местах. Также в проектах должны быть предусмотрены противопожарные мероприятия общего характера для всего предприятия и по каждому производственному участку и видам работ в соответствии с нормами СНиП 11-А-70.

Согласно требованиям СНиП 11-А-5-70, во всех помещениях должны быть эвакуационные выходы, а двери должны открываться наружу. Расстояние от наиболее удаленного рабочего места до выходной двери 50...100 м.

Внутри помещения размещают пожарные краны на расстоянии друг от друга 40 м, а пожарные щиты из расчета один щит на  $300..350 \text{ м}^2$  производственной площади. Средства пожаротушения надо размещать в доступных местах. На территории ремонтного предприятия должен быть предусмотрен противопожарный водоем не менее  $50 \text{ м}^3$ .

11 Определение экономической целесообразности и эффективности восстановления деталей

Экономическую эффективность восстановления изношенных деталей определяют по формуле

$$\mathcal{E}_B = \left( \frac{Ц_n - C_{\text{ост}}^H}{P_n} - \frac{Ц_B - C_{\text{ост}}^B}{P_B} \right) \cdot P_B,$$

где  $Ц_n$ ,  $Ц_B$  – цены новой и восстановленной деталей,  $p$ ;

$P_H, P_B$  – ресурсы новой и восстановленной деталей, ч;

$C_{\text{ост}}^H, C_{\text{ост}}^B$  – остаточная стоимость после эксплуатации новой и восстановленной деталей, р.

Из этой формулы следует, что экономически целесообразно восстанавливать детали, для которых  $\Delta_B > 0$ . Если принять  $C_{\text{ост}}^H = C_{\text{ост}}^B$ , а отношение  $P_B/P_H$  представить как коэффициент долговечности  $K_D$  восстановленной детали, соотношение цен новой и восстановленной деталей должно удовлетворять выражению

$$C_H - \frac{C_B}{K_D} > 0.$$

В условиях рыночной экономики как новые, так и восстанавливаемые детали реализуются потребителю по договорной цене. Однако для предприятия очень важно определить возможные максимальную и минимальную цены на восстановленную деталь, при которых, с одной стороны, потребитель был бы заинтересован приобрести ее вместо новой детали, а с другой стороны, восстановление ее обеспечивало бы ремонтному предприятию хотя бы нормативную рентабельность.

Потребитель будет заинтересован приобрести восстановленную деталь вместо новой в случае, если затраты на единицу ресурса при использовании восстановленной детали будут меньше, чем при использовании новой детали,

т.е.  $\frac{C_B}{K_D} < C_H$ , тогда максимальная цена восстановленной детали может быть

определена из выражения

$$C_{B \max} < C_H \cdot K_D.$$

Минимальную цену для производителя можно определить по формуле

$$C_{B \min} = C_{zi} + П,$$

где  $C_{zi}$  – заводская себестоимость восстановления детали с  $i$ -сочетанием дефектов, р;

$П$  – планируемая балансовая прибыль, р.

В зависимости от числа дефектов и их сочетаний заводская себестоимость восстановления конкретных деталей одного наименования будет различной. В общем случае заводская себестоимость восстановления детали с определенным сочетанием дефектов определяется по формуле:

$$C_{zi} = \sum_1^n C_{Bi} + D_{II} + C_{\Phi},$$

где  $C_{Bi}$  – себестоимость устранения  $i$ -сочетания дефектов без учета затрат на очистку и дефектацию детали, р.;

$D_{II}$  – стоимость дополнительных работ, которые необходимо выполнить при восстановлении детали с любым сочетанием дефектов (очистка, дефектация), р.;

$C_{\Phi}$  – затраты на приобретение ремонтного фонда (стоимость изношенной детали), р.;

$n$  – количество дефектов.

Значение  $D_{II}$  принимается равным 0,1 от себестоимости устранения всех возможных дефектов

$$D_{II} = 0,1 \sum_{i=1}^n C_{Bi}.$$

Стоимость изношенных деталей, получаемых от поставщиков ремонтного фонда (предприятий, торговых баз, обменных пунктов), на практике обычно устанавливается равной 0,1 от цены новой детали или по цене металлолома плюс 20%.

$$C_{\Phi} = 0,1C_{H}.$$

Прибыль от восстановления детали

$$II = \frac{N_{\text{пр}} \cdot C_{zi}}{100},$$

где  $N_{\text{пр}}$  – норма прибыли, в процентах.

При курсовом проектировании значение  $N_{\text{пр}}$  может приниматься в пределах 10...30%.

Приложение А  
(рекомендуемое)  
Пример оформления титульного листа

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации  
Департамент научно-технологической политики и образования  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Ярославская государственная сельскохозяйственная академия»

Инженерный факультет

Кафедра «Технический сервис»

Курсовой проект по дисциплине  
«Технологии ремонта машин»  
по теме: «Разработка участка по восстановлению детали  
«картер коробки передач автомобиля ЗИЛ-130»  
КП.ТРМ.\_\_\_\_.00.000.00 ПЗ

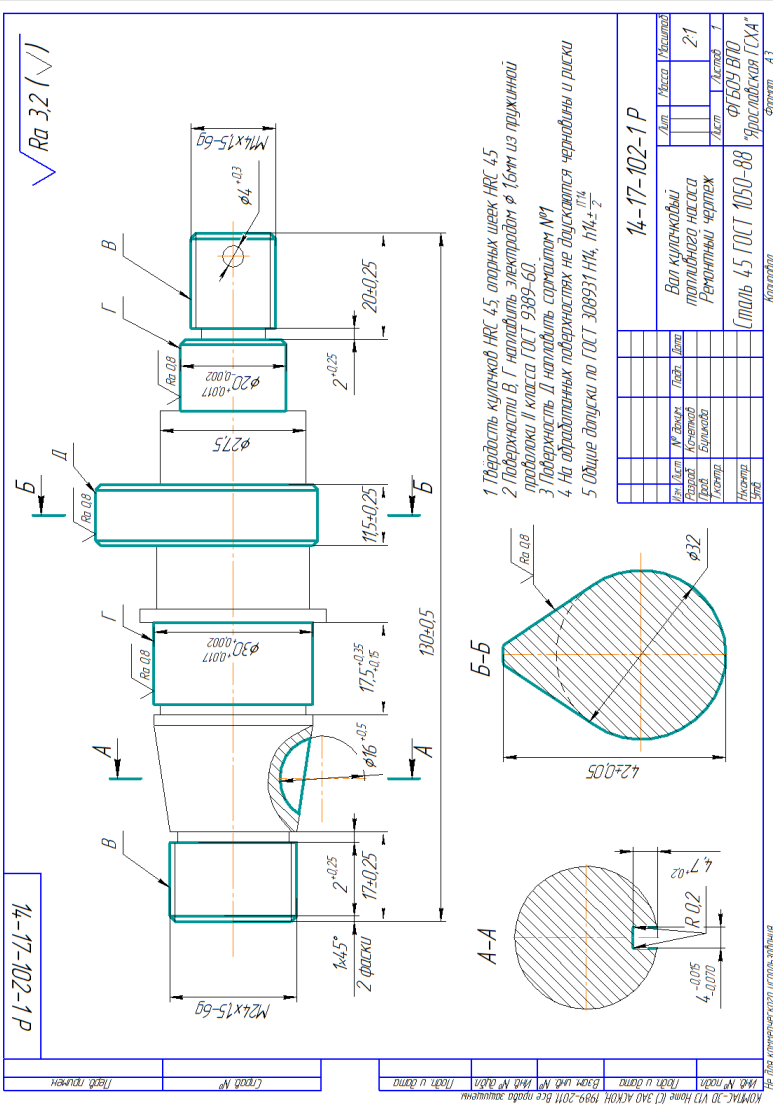
Курсовой проект  
защищен  
с оценкой \_\_\_\_\_  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г.

Выполнил:  
студент группы \_\_\_\_\_  
Учебный шифр \_\_\_\_\_  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г.

Проверил: ст. преподаватель  
Звание, научная степень преподавателя  
Буликова Елена Владимировна  
Фамилия, имя, отчество преподавателя  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г.

Ярославль  
20 \_\_\_\_ г.

**Приложение Б**  
(рекомендуемое)  
**Пример выполнения ремонтного чертежа детали**



Приложение В  
(рекомендуемое)  
Пример выполнения маршрутной карты

Разраб.	Кочетков					ЯГСХА кафедра "Технический сервис"				14-17-102-1 Р		
Проверил	Буликова											
Утвердил												
Н. контр.												
Вал кулачковый												
M 01	Сталь 45											
M 02	Код	ЕВ	МД	ЕН	Н. расх.	КИМ	Код заготовки	Профиль и размеры	КД	МЗ		
A	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Наименование операции			Обозначение документа				
B	Код, наименование оборудования		СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Клгг.	Тпгг.
К/М	Наименование детали, сборочной единицы или материала		Обозначение, код			ОПШ	ЕВ	ЕН	КИ	Нрасх.		
A01			005		Наплавочная							
02												
B03	Станок токарно-винторезный 1К62; Наплавочная головка ОКС-1252 (ГМВК-2)      сварщик 4р.											
04												
O05	Наплавить поверхность 1 до $\varnothing$ 28 мм; поверхность 2 до $\varnothing$ 35 мм; поверхность 3 до 47 мм; поверхность 4 до $\varnothing$ 25 мм; поверхность 5 до $\varnothing$ 20 мм; заплавить шпоночный паз											
T06	Патрон 7100-0009 ГОСТ 2675-71; Штангенциркуль ШЦ-1-125-0,1 ГОСТ 166-74; Твердометр типа ТБ ГОСТ-13407-67      5      18, 89											
07												
A08	Токарная											
09												
B10	Станок токарно-винторезный 16К62; Патрон 7100-0009 ГОСТ 2675-71; Центра      токарь 4 р.											
11												
O12	Обточить поверхность 1 до $\varnothing$ 24,5 мм; поверхность 2 до $\varnothing$ 31 мм; поверхность 4 до $\varnothing$ 21 мм; поверхность 5 до $\varnothing$ 31 мм; Нарезать резьбу М24 x1,5-6g; M16x1,5-6g											
T13	Штангенциркуль ШЦ-1-125-0,1 ГОСТ 166-74; Кольцо резьбовое      5      6,43											
МК	Маршрутная карта восстановления вала кулачкового											







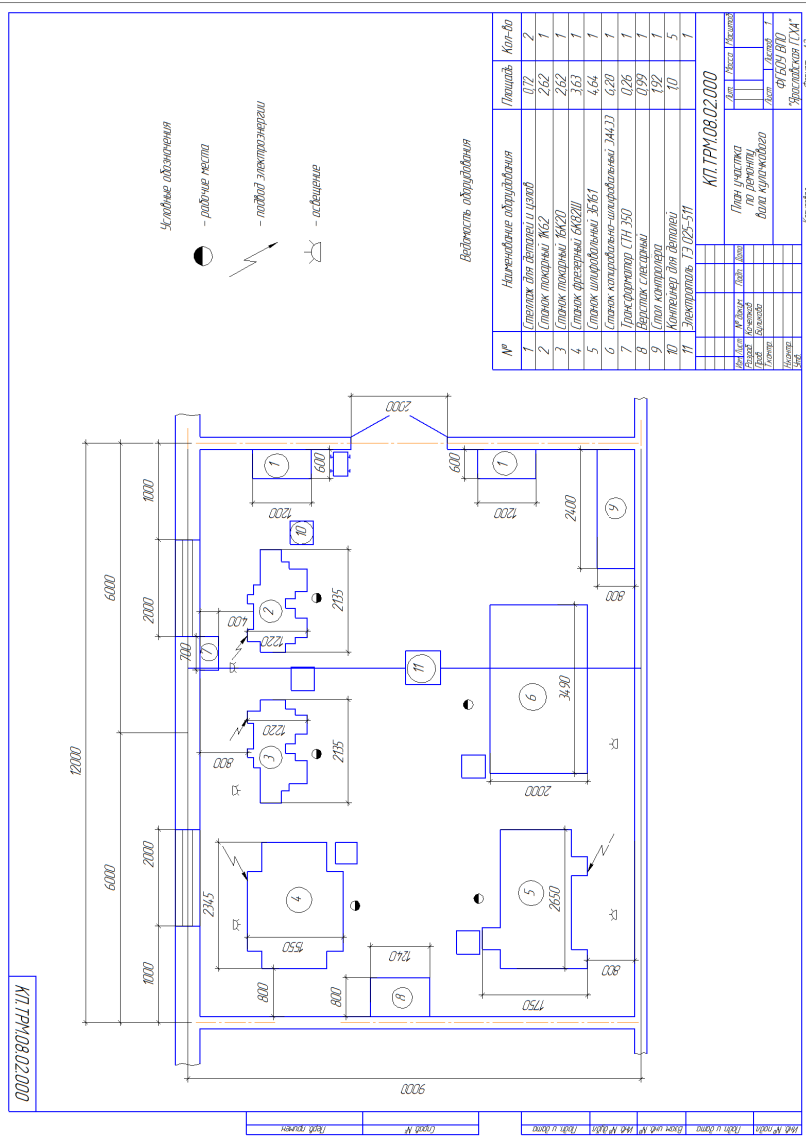


Приложение Д  
(рекомендуемое)  
Пример выполнения операционной карты токарной операции

Дубл.																				
Взам.																				
Подп.																				
Разраб.	Кочетков																			
Проверил	Буликва																			
Утвердил																				
Н. контр.																				
Наименование операции		Материал		Твердость		ЕВ		МД		Профиль и размеры		МЗ		КОИД						
Токарная		Сталь 45														14-17-102-1 Р				
Оборудование, устройства		Обозначение программы		То		Тв		Тгз.		Тггг.		СОЖ								
Станок токарно-винторезный 16К62; патрон универсальный пневматический 7100-0009 ГОСТ 2675-71; центра																				
Р		ЛИ		D или B		L		t		i		S		n		V				
O01 Установить вал в центра станка;						ТВ = 2														
O02 Обточить поверхность 1 до Ø 24,5 мм;		То = 0,09																		
P03		24,5		14						1		0,2		800						
O04 Обточить поверхность 2 до Ø 31 мм;		То = 0,09																		
P05		31		14						1		0,2		800						
O06 Обточить поверхность 4 до Ø 21 мм;		То = 0,1																		
P07		21		16						1		0,2		800						
O08 Обточить поверхность 5 до Ø 16,5 мм;		То = 0,09																		
P09		16,5		17						1		0,2		800						
O10 Нарезать резьбу М16х1,5-6g		То = 0,57																		
P11		16		17						1		0,15		200						
O12 Переустановить вал		ТВ = 2																		
P13																				
ОК		Операционная карта																		

Наименование операции		Материал		Твердость		ЕВ		МД		Профиль и размеры			МЗ	КОИД
Токарная														
Оборудование, устройства		Обозначение программы		То		Тв		Тпз.		Тшт.			СОЖ	
Станок токарно-винторезный 1К62; патрон универсальный пневматический 7100-0009 ГОСТ 2675-71														
Р			ЛИ	Д или В	L	t	i	S	n				V	
O16	Нарезать резьбу М24х1,5-6g			То = 0,47		24		14		1			0,15	200
O18	Снять деталь;							Тв = 1						
P19														
O20														
P21														
O22														
P23														
O24														
OK	Операционная карта													

## Приложение Е (рекомендуемое) Пример выполнения технологической планировки участка



Приложение Ж  
(справочное)  
Расстояния между станками и от станков до элементов зданий

Таблица Ж.1 – Нормы расстояний между станками и от станков до стен и колонн В миллиметрах

Расстояние	Нормы расстояний между станками при размерах до			
	1800 x 800	4000 x 2000	8000 x 4000	16000 x 8000
между станками по фронту	700	900	1500	2000
между тыльными сторонами	700	800	1200	1500
между станками при поперечном расположении к проезду	1300	1500	2000	-
	одного станка			
при расположении станков фронтом друг к другу и обслуживании одним рабочим	2000	2500	3000	-
	двух станков	1500	-	-
от стен или колонн здания до	1300			
	700	800	900	1000
тыльной или боковой стороны станка				
фронта станка	1300	1500	2000	-

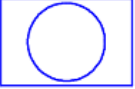







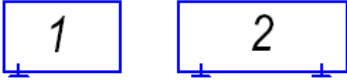
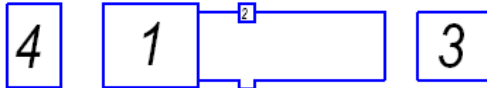
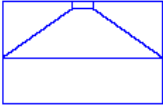
Приложение И  
(справочное)

Условное изображение технологического оборудования

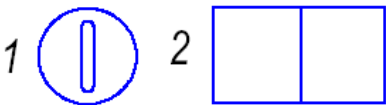

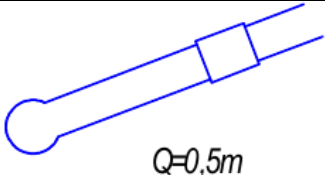
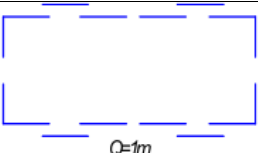
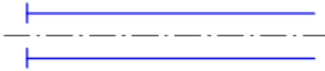
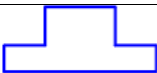
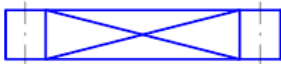



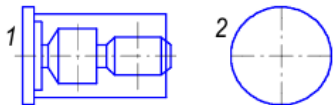
Таблица И.1 – Условные обозначения на технологических планах

Наименование	Условное обозначение
1	2
Подвод горячей воды	
Подвод холодной воды	
Подвод сжатого воздуха	
Щит управления	
Потребитель электроэнергии	
Подвод газа	
Место подвода холодной воды с раковиной	
Кран пожарный	
Подвод местной вентиляции	
Место подвода сжатого воздуха	
Отвод в канализацию	

Продолжение таблицы И.1


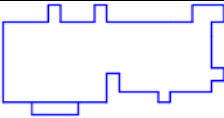
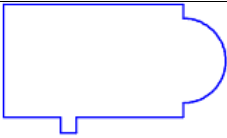
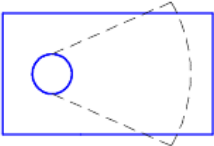
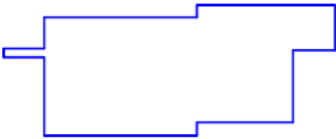
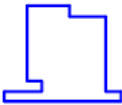
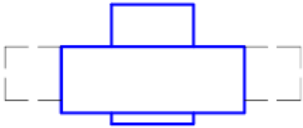

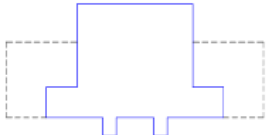
1	2
Местный вентиляционный отсос	
Подвод пара	
Местное освещение	
Противопожарный щит с набором инвентаря	
Противопожарный кран ГК-2	
Ящик с песком	
Место рабочего	
Место рабочего-многостаночника	
Верстак слесарный на одно рабочее место (1) и на два рабочих места (2)	
Наплавочная установка: 1 – станок токарный; 2 – автомат наплавочный; 3 – шкаф управления; 4 – источник сварочного тока	
Стол электросварщика с вытяжным устройством	

Продолжение таблицы И.1

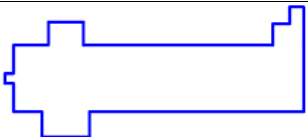
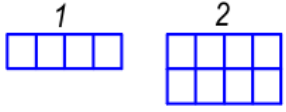
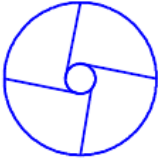
1	2
Наковальня двурога (1), ванна закалочная (2)	
Рольганг	
Консольно-поворотный кран	 <p style="text-align: center;"><math>Q=0,5m</math></p>
Передвижное оборудование	 <p style="text-align: center;"><math>Q=1m</math></p>
Рельсовый путь	
Станок полировальный или обдирочно-шлифовальный	
Кран мостовой электрический	 <p style="text-align: center;"><math>Q=10m</math></p>
Кран однобалочный опорный	 <p style="text-align: center;"><math>Q=2m</math></p>
Место для агрегатов, ожи- дающих разборки или уста- новки	
Стол с вытяжным шкафом	
Компрессор воздушный с воздухосборником	



Продолжение таблицы И.1

1	2
Прочее оборудование	
Станок токарно-винторезный	
Станок вертикально-сверлильный	
Станок радиально-сверлильный	
Станок горизонтально-расточной	
Станок круглошлифовальный	
Станок плоскошлифовальный	
Станок алмазно-расточной	
Станок универсальный горизонтально-фрезерный	

Продолжение таблицы И.1

1	2
<p>Станок поперечно-строгальный</p>	
<p>Стеллаж для деталей секционный: 1 – однорядный; 2 – двухрядный</p>	
<p>Стеллаж вращающийся для мелких деталей</p>	

## Список использованных источников

1. Болотов, А.К. Конструкция тракторов и автомобилей [Текст] / А.К. Болотов, А.А. Лопарев, В.И. Судницин. – М.: КолосС, 2006. – 352 с.
2. Дипломное проектирование. Учебник для студентов вузов по специальности «Технология обслуживания и ремонта машин в агропромышленном комплексе [Текст] / Е.А. Пучин, Н.А. Выскребенцев, Г.И. Бондарева и др. Под общ. ред. Е.А. Пучина. – М.: Изд-во УМЦ «Триада», 2007 – 400 с.
3. Технология ремонта машин [Текст] / Е.А. Пучин, В.С. Новиков, Н.А. Очковский и др.; под ред. Е.А. Пучина. – М.: КолосС, 2007. – 488 с.: ил.
4. Черноиванов, В.И. Техническое обслуживание и ремонт машин в сельском хозяйстве [Текст] / В.И. Черноиванов, И.И. Бледных, А.Э. Северный и др. – Москва – Челябинск: ГОСНИТИ, ЧГАУ, 2003. – 992 с.

*Учебное издание*

Елена Владимировна Буликова

**Методические указания  
к выполнению курсового проекта  
по дисциплине «Технологии ремонта машин»  
для бакалавров, обучающихся по направлению 35.03.06  
«Агроинженерия», профиль «Технический сервис в АПК»**

Начальник редакционно-издательского отдела Е.А. Богословская  
Технический редактор Е.И. Кудрявцева  
Художественный редактор Т.Н. Волкова  
Редактор Е.А. Богословская

Подписано в печать 05.05.2015 г.  
Формат 60 × 84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага офсетная. Печать ризографическая.  
Усл. печ. л. 4,25. Тираж 50 экз. Заказ № 16.

Издательство ФГБОУ ВПО «Ярославская государственная  
сельскохозяйственная академия».  
150042, г. Ярославль, Тутаевское шоссе, 58.

Отпечатано в типографии  
ФГБОУ ВПО «Ярославская ГСХА».  
150042, г. Ярославль, Тутаевское шоссе, 58.