

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ЮРГИНСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
Федерального государственного автономного образовательного учреждения
высшего образования
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Направление Агроинженерия
 Профиль Технический сервис в агропромышленном комплексе

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
«Разработка технологического процесса восстановления изношенных деталей грузовых автомобилей в условиях ИП Русанова»

УДК 629.351-2-049.42

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-10Б51	Фазлыева Лилия Равильевна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Заместитель начальника организационного отдела ЮТИ ТПУ	Проскоков Андрей Владимирович	к.т.н., доцент		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

Нормоконтроль

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Заместитель начальника организационного отдела ЮТИ ТПУ	Проскоков Андрей Владимирович	к.т.н., доцент		

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ЮТИ ТПУ	Лизунков Владислав Геннадьевич	канд. пед. наук, доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ЮТИ ТПУ	Солодский Сергей Анатольевич	к.т.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ООП Агроинженерия	Проскоков Андрей Владимирович	к.т.н., доцент		

Юрга – 2020 г.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Код результата	Результат обучения
P1	Демонстрировать базовые естественнонаучные, математические знания, знания в области экономических и гуманитарных наук, а также понимание научных принципов, лежащих в основе профессиональной деятельности
P2	Применять базовые и специальные знания в области математических, естественных, гуманитарных и экономических наук в комплексной инженерной деятельности на основе целостной системы научных знаний об окружающем мире.
P3	Применять базовые и специальные знания в области современных информационных технологий для решения задач хранения и переработки информации, коммуникативных задач и задач автоматизации инженерной деятельности
P4	Эффективно работать индивидуально и в качестве члена команды, демонстрируя навыки руководства отдельными группами исполнителей, в том числе над междисциплинарными проектами, уметь проявлять личную ответственность, приверженность профессиональной этике и нормам ведения профессиональной деятельности.
P5	Демонстрировать знание правовых, социальных, экологических и культурных аспектов комплексной инженерной деятельности, знания в вопросах охраны здоровья, безопасности жизнедеятельности и труда на предприятиях агропромышленного комплекса и смежных отраслей.
P6	Осуществлять коммуникации в профессиональной среде и в обществе в целом, в том числе на иностранном языке; анализировать существующую и разрабатывать самостоятельно техническую документацию; четко излагать и защищать результаты комплексной инженерной деятельности на предприятиях агропромышленного комплекса и в отраслевых научных организациях.
P7	Использовать законы естественнонаучных дисциплин и математический аппарат в теоретических и экспериментальных исследованиях объектов, процессов и явлений в техническом сервисе, при производстве, восстановлении и ремонте иных деталей и узлов, в том числе с целью их моделирования с использованием математических пакетов прикладных программ и средств автоматизации инженерной деятельности
P8	Обеспечивать соблюдение технологической дисциплины при изготовлении, ремонте и восстановлении деталей и узлов сельскохозяйственной техники, для агропромышленного и топливно-энергетического комплекса, а также опасных технических объектов и устройств, осваивать новые технологические процессы в техническом сервисе, применять методы контроля качества новых образцов изделий, их узлов и деталей.
P9	Осваивать внедряемые технологии и оборудование, проверять техническое состояние и остаточный ресурс действующего технологического оборудования, обеспечивать ремонтно-восстановительные работы на предприятиях агропромышленного комплекса.
P10	Проводить эксперименты и испытания по определению физико-механических свойств и технологических показателей используемых материалов и готовых изделий, в том числе с использованием способов неразрушающего контроля в техническом сервисе.
P11	Проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектных решений, выполнять организационно-плановые расчеты по созданию или реорганизации производственных участков, планировать работу персонала и фондов оплаты труда, применять прогрессивные методы эксплуатации технологического оборудования при изготовлении, ремонте и восстановлении деталей и узлов сельскохозяйственной техники и при проведении технического сервиса в агропромышленном комплексе.
P12	Проектировать изделия сельскохозяйственного машиностроения, опасные технические устройства и объекты и технологические процессы технического сервиса, а также средства технологического оснащения, оформлять проектную и технологическую документацию в соответствии с требованиями нормативных документов, в том числе с использованием средств автоматизированного проектирования и с учетом требований ресурсоэффективности, производительности и безопасности.
P13	Составлять техническую документацию, выполнять работы по стандартизации, технической подготовке к сертификации технических средств, систем, процессов, оборудования и материалов, организовывать метрологическое обеспечение технологических процессов, подготавливать документацию для создания системы менеджмента качества на предприятии.
P14	Непрерывно самостоятельно повышать собственную квалификацию, участвовать в работе над инновационными проектами, используя базовые методы исследовательской деятельности, основанные на систематическом изучении научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта, проведении патентных исследований.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт Юргинский технологический
 Направление подготовки Агроинженерия

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП
 _____ Проскоков А.В.

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
3-10Б51	Фазлыева Лилия Равильевна

Тема работы:

«Разработка технологического процесса восстановления изношенных деталей грузовых автомобилей в условиях ИП Русанова»	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№ 9/с от 31.01.2020г.

Срок сдачи студентом выполненной работы:	10 июня 2020 г.
--	-----------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе</p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду; энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>1. Чертеж вторичного вала коробки скоростей модели 14 КАМАЗ.</p>
<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p>1. Аналитический обзор по теме ВКР. 2. Постановка задачи исследования и обоснование темы ВКР. 3. Технологические расчеты, связанные с разработкой технологии восстановления изношенных поверхностей шеек вторичного вала методом электромагнитной наплавки. 4. Конструкторская часть. Разработка схемы установки наплавки шеек вторичного вала КПП. 5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность, ресурсосбережение. 6. Социальная ответственность.</p>

<p>Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ремонтный чертеж вторичного вала КПП модели 14 подлежащего восстановлению (1 лист А1). 2. Обзор существующих методов восстановления (1 лист А1). 3. Технологический маршрут восстановления вала КПП (1 лист А1). 4. Технологические наладки (1 лист А1). 5. Установка восстановления валов (1 лист А1). 6. Планировка участка восстановления валов (1 лист А1). 7. Контрольное приспособление (1 лист А1). 8. Техничко-экономические показатели (1 лист А1).
---	--

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы
(с указанием разделов)

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Лизунков В.Г.
Социальная ответственность	Солодский С.А.

Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:

Реферат

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	
---	--

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Заместитель начальника организационного отдела ЮТИ ТПУ	Проскоков А.В.	к.т.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
З-10Б51	Фазлыева Л.Р.		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСООБЪЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-10Б51	Фазлыевой Лилии Равильевне

Институт	ЮТИ ТПУ	Направление/специальность	35.03.06 «Агроинженерия»
Уровень образования	бакалавр		

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

<i>1. Стоимость приобретаемого оборудования, фонд оплаты труда, производственных расходов</i>	<i>- перечень и характеристика основных фондов и оборотных средств, необходимых для реализации инженерных решений - расчет потребности в рабочей силе</i>
<i>2. Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	<i>- нормы использования необходимых материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих ресурсов</i>

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<i>1. Краткое описание исходных технико-экономических характеристик объекта ИР / НИ</i>
<i>2. Обоснование необходимых инвестиций для разработки и внедрения ИР / НИ; расчет вложений в основные и оборотные фонды</i>
<i>3. Планирование показателей по труду и заработной плате (расчет штатного расписания, производительности труда, фонда заработной платы)</i>
<i>4. Проектирование себестоимости продукции; обоснование цены на продукцию</i>
<i>5. Оценка ресурсной, финансовой, социальной, бюджетной эффективности ИР / НИ</i>

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)

<i>1. Смета затрат на восстановление коленчатого вала</i>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	01.02.2020
--	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ЮТИ ТПУ	Лизунков В. Г.	канд. пед. наук, доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-10Б51	Фазлыева Л. Р.		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
З-10Б51	Фазлыевой Лилии Равильевне

Институт	ЮТИ ТПУ	Направление	
Уровень образования	Бакалавр		35.03.06 «Агроинженерия»

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

<i>Описание рабочего места (рабочей зоны, технологического процесса, механического оборудования)</i>	<i>Ремонтно-механическая мастерская, включающая в себя: зону текущего ремонта на четыре машина места; зону выполнения ТО-1 и ТО-2 на два машина места; агрегатно-моторный участок, слесарно-механический участок, сварочный участок, моечный участок, складское помещение, административно-бытовые помещения, компрессорную, аккумуляторный участок, электротехнический, топливный и вулканизационные участки. Выполняемые работы: 1) ТО автомобилей; 2) ТО тракторов; 3) ТР автомобилей; 4) ТР тракторов; 5) сезонное обслуживание тракторов; 6) сезонное обслуживание автомобилей; 7) прочие работы.</i>
<i>1. Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме</i>	<i>ГОСТ 12.1.005-88 Воздух рабочей зоны. Общие санитарно-гигиенические требования. ГОСТ 12.0.003-2015 Система стандартов безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. ГОСТ 12.1.003-2014 Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности. ГОСТ 12.1.004-91 Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования. ГОСТ 12.1.005-88 Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. ГОСТ 12.1.007-76 Система стандартов безопасности труда. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности. ГОСТ 12.1.010-76 Система стандартов безопасности труда. Взрывобезопасность. Общие требования. ГОСТ 12.1.018-93 Система стандартов безопасности труда. Пожаровзрывобезопасность статического электричества. Общие требования. ГОСТ 12.1.030-81 Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление. ГОСТ 12.2.003-91 Система стандартов безопасности труда. Оборудование производственное. Общие требования безопасности. ГОСТ 12.2.007.1-75 Система стандартов безопасности труда. Машины электрические вращающиеся. Требования безопасности. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95</i>

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:				
1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:		<ul style="list-style-type: none"> - физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой; - действие фактора на организм человека; - приведение допустимых норм с необходимой размерностью (с ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); - предлагаемые средства защиты (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства) 		
2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности		<ul style="list-style-type: none"> - механические опасности (источники, средства защиты); - термические опасности (источники, средства защиты); - электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита - источники, средства защиты); - пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения) 		
3. Охрана окружающей среды:		<ul style="list-style-type: none"> - защита селитебной зоны; - анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); - анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); - анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); - разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды. 		
4. Защита в чрезвычайных ситуациях:		<ul style="list-style-type: none"> - перечень возможных ЧС на объекте; - выбор наиболее типичной ЧС; - разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; - разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС; - разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий 		
5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:		<ul style="list-style-type: none"> - специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; - организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны 		
Перечень графического материала:				
При необходимости представить эскизные графические материалы к расчётному заданию (обязательно для специалистов и магистров)		-		
Дата выдачи задания для раздела по линейному графику				
Задание выдал консультант:				
Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Заместитель директора начальник организационного отдела ЮТИ ТПУ	Солодский С.А.	к.т.н.		
Задание принял к исполнению студент:				
Группа	ФИО	Подпись	Дата	
3-10Б51	Фазлыева Л. Р.			

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа состоит из 100 страниц машинописного текста. Представленная работа состоит из четырёх частей, количество использованной литературы – 37 источников. Графический материал представлен на 8 листах формата А1.

Ключевые слова: организация ремонта, ремонтная мастерская, капитальный ремонт техническое обслуживание, технологический процесс, конструкции, технологические расчеты.

В разделе объект и методы исследования выполнен аналитический обзор по теме работы и обоснован выбор темы выпускной работы бакалавра.

В разделе расчеты и аналитика представлены необходимые инженерные расчеты, связанные с организацией работ по разработке технологического процесса восстановления изношенных деталей грузовых автомобилей.

В разделе «Социальная ответственность» выявлены опасные и вредные факторы, а также мероприятия по их ликвидации.

В разделе «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» приведена экономическая оценка проектных решений.

Выпускная квалификационная работа выполнена в текстовом редакторе Microsoft Word 2010 и графическом редакторе КОМПАС 3D V13.

ABSTRACT

Graduation paper consists of 100 pages of typewritten text. The presented work consists of four parts, the amount of literature used is 37 sources. Graphic material is presented on 8 sheets of A1 format.

Key words: organization of repair, repair shop, overhaul maintenance, technological process, structures, technological calculations.

In the object and research methods section, an analytical review is carried out on the topic of work and the choice of the theme of the final work of the bachelor is substantiated.

The calculations and analytics section presents the necessary engineering calculations related to the organization of work on the development of a technological process for the restoration of worn truck parts.

The section “Social Responsibility” identifies dangerous and harmful factors, as well as measures to eliminate them.

The section “Financial Management, Resource Efficiency and Resource Saving” provides an economic assessment of design decisions.

The final qualification work was performed in the Microsoft Word 2010 text editor and the KOMPAS 3D V13 graphic editor.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	12
1. Объект и методы исследования	15
1.1 Описание конструкции детали	15
1.2 Причины возникновения и анализ возможных дефектов	20
1.3 Выбор способа восстановления изношенных поверхностей	23
1.3.1. Восстановление деталей под ремонтный размер	24
1.3.2. Восстановление деталей сваркой и наплавкой	27
1.4 Анализ способов электромагнитной наплавки и устройства, реализующие их	37
2. Расчёты и аналитика	41
2.1 Установка для электромагнитной наплавки	41
2.2. Маршрут восстановления вторичного вала	49
2.3 Нормирование технологического процесса	59
2.4 Определение трудоемкости	61
2.5 Расчет состава рабочих на участке	63
2.6 Расчет количества станков	65
2.7 Расчет производственных площадей	67
3. Финансовый менеджмент	68
3.1 Расчет стоимости основных фондов	68
3.1.1 Расчет стоимости зданий	68
3.1.2 Расчет стоимости машин и оборудования	69
3.1.3 Стоимость вспомогательного оборудования	69
3.2 Расчет численности подсобно-вспомогательных рабочих	70
3.2.1 Расчет численности руководителей	70
3.2.2 Расчет численности служащих	70
3.2.3 Расчет численности руководителей	70
3.2.4 Расчет численности служащих	71
3.3 Расчет фонда заработной платы	71

3.3.1	Расчет фонда заработной платы ремонтных рабочих	71
3.3.2	Расчет фонда заработной платы подсобно-вспомогательных рабочих	74
3.3.3	Расчет фонда заработной платы руководителей, специалистов и служащих	75
3.3.4	Расчет среднемесячной заработной платы по категориям работающих	75
3.4	Расчет сметы затрат участка	76
3.4.1	Отчисления на социальные нужды	76
3.4.2	Затраты на содержание и эксплуатацию оборудования	77
3.4.3	Общехозяйственные расходы	79
3.5	Расчет себестоимости продукции	81
3.6	Расчет годового валового дохода	82
3.7	Срок окупаемости	82
3.8	Технико-экономические показатели проекта	82
3.9	Выводы	83
4	Социальная ответственность	84
4.1	Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды	84
4.1.1	Описание рабочего места	84
4.2	Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды	87
4.3	Охрана окружающей среды	89
4.4	Защита в чрезвычайных ситуациях	90
4.5	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	92
4.6	Выводы по разделу	94
	Заключение	96
	Список источников	97

Введение

Автомобильный транспорт – одна из важнейших экономических отраслей государства, которая развивается как неотъемлемая часть единой транспортной системы. В современных условиях развитие экономики государства немислимо без надежно налаженного транспортного обеспечения.

Автомобильный транспорт России представляет собой наиболее массовый вид транспорта. На его долю приходится более половины объема пассажирских перевозок и три четверти грузовых перевозок.

Автомобильный транспорт в России выполняет свыше 55% объёмов внутренних грузовых перевозок и более 60% пассажиров, с тенденцией увеличения этой доли, являясь, таким образом, главным перевозчиком для основных секторов экономики.

Основными постоянно действующими причинами изменения технического состояния автомобиля при его эксплуатации является изнашивание, пластические деформации, усталостные разрушения, коррозия, а также физико-химические изменения материала деталей (старение).

К концу первого межремонтного пробега автомобиля в металлолом выбраковывается не более 20% деталей, до 20% деталей пригодны к дальнейшей работе без ремонтных воздействий, а свыше 60% имеют остаточный запас долговечности до 90% и остаточную стоимость до 85 % от новых, изготовленных из первичных ресурсов. Переработка этих групп деталей как металлолома обуславливает потери до 70% и только на 60% снижает вредные выбросы.

При весовом износе в 0,4% от общего веса автомобиль становится непригоден к эффективной дальнейшей эксплуатации. По деталям прецизионной группы критический износ составляет 0,01-0,02% от веса детали.

Отсюда следует вывод: затраты материалов и энергии на реновацию деталей (т.е. на восстановление) составляют менее 1,0% от их веса, что, примерно, в 100 раз меньше, чем на изготовление первичных.

Следовательно, в 100 раз меньше расходуется энергоресурсов и в 100 раз меньше образуется различных загрязнений, приходящихся на материал.

Объём восстановительных работ в 4-5 раз меньше по сравнению с первичным производством, следовательно, количество выбросов и расход энергии от реализации технологических процессов восстановления деталей во столько же раз меньше. Имеются данные, свидетельствующие о том, что выбросы вредных веществ при капитальном ремонте автомобильного двигателя в среднем в 250 раз меньше, чем при изготовлении.

Используемые в настоящее время способы реновации изношенных деталей машин позволяют восстанавливать их до номинальных параметров долговечности с себестоимостью не более 40% от их первичной стоимости. Эти задачи успешно решены и теоретически, и практически. В США восстанавливают в промышленных масштабах коленчатые валы. Их стоимость в 5 раз ниже, а износостойкость значительно выше, чем у новых. Подобные технологии успешно используются во всем мире.

При выполнении данной выпускной квалификационной работы основной целью является разработка технологического процесса восстановления изношенных деталей грузовых автомобилей. Технология восстановления будет разработана для тел вращения (валов, осей). В качестве объекта для разработки технологии восстановления была выбран вторичный вал коробки переключения передач (КПП) автомобиля КамАЗ-5320 модели 14. Так как грузовые автомобили автопроизводителя КАМАЗ являются наиболее распространенные на рынке грузовых автомобилей России. Так, например, на долю автопроизводителя КАМАЗ, в 2019 году пришлось порядка 35% рынка проданных автомобилей [19, 20,32].

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Провести анализ существующих технологических процессов восстановления;
2. Выявить недостатки в организации производственного процесса;
3. Разработать мероприятия, обеспечивающие оптимальные условия реализации процесса восстановления;
4. Провести анализ опасных и вредных факторов при проведении реновационных работ и выработать направления их снижения;
5. Определить технико-экономические показатели проекта.

1 Объект и методы исследования

1.1 Описание конструкции детали

Разработка технологического процесса восстановления изношенных поверхностей деталей в данной ВКР осуществляется на примере вторичного вала коробки переключения передач (КПП) автомобиля КамАЗ-5320. Общий вид вала представлен на рисунке 1.1.



Рисунок 1.1 Вторичный вал КПП модели 14 автомобиля КамАЗ-5320

Вторичный вал КПП выполнен из стали 30 ХГТ ГОСТ 4543-71. Поверхность вала имеет твердость от 45 до 57 HRCэ. Габаритные размеры вала: наибольший диаметр – 120 мм, длина вала – 581 мм, Масса вала 16,6 кг.

Вал устанавливается в коробки передач модели 14. Вал имеет две проточки и разные по толщине шлицы в месте установки синхронизатора 4-5 передачи, что необходимо для предотвращения самовыключения передач. Вал изготавливается на автоматической линии, обеспечивающей выполнение техпроцесса, стабильность размеров, высокую точность и производительность.

Используемая для изготовления вала сталь обеспечивает работоспособность коробки передач в объеме не менее 350 тыс. км и при увеличении нагрузки от двигателя более чем в 3 раза относительно номинальной [32].

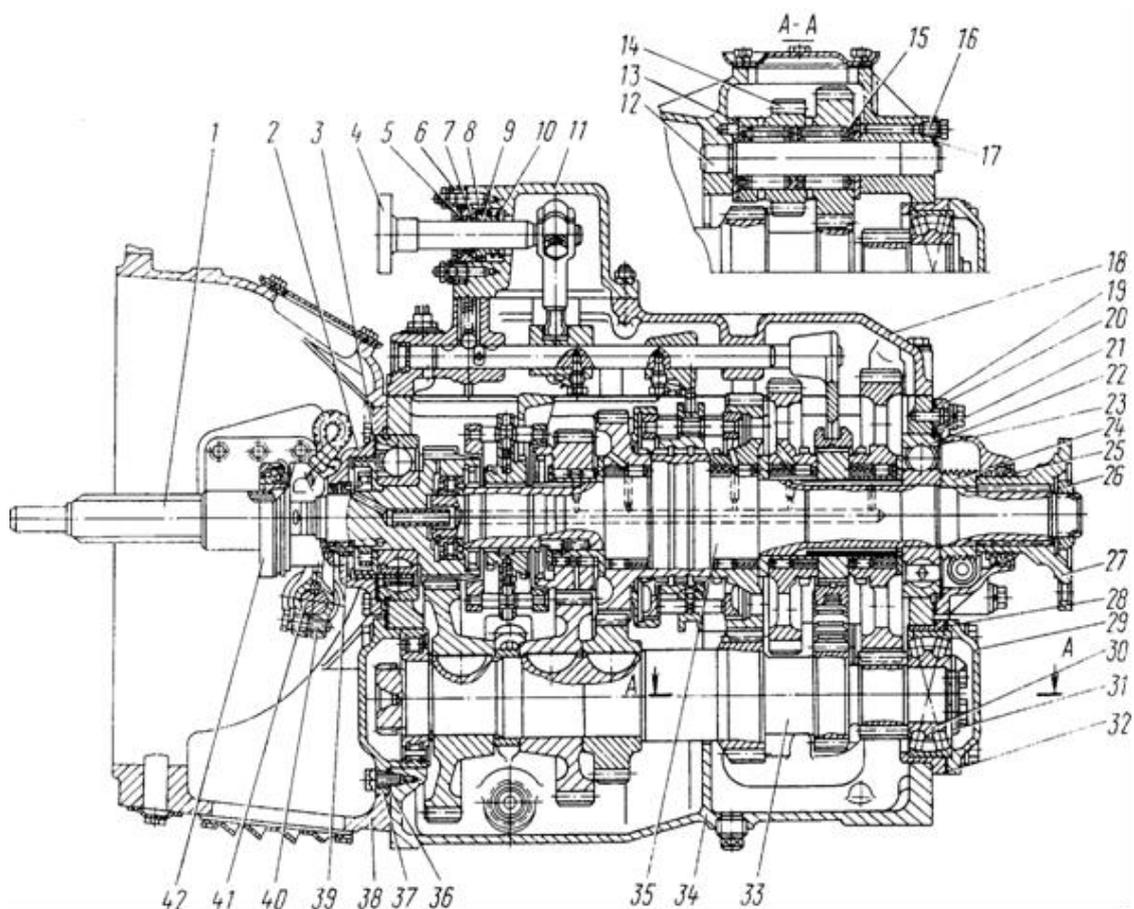


Рисунок 1.2 Коробка передач модели 14: 1 – вал ведущий; 2 – крышка заднего подшипника ведущего вала; 3, 23 – прокладки регулировочные; 4 – шток рычага; 5 – кольцо защитное; 6 – крышка опоры рычага; 7 – сухарь опоры рычага; 8 – кольцо уплотнительное; 9 – опора штока; 10 – пружина; 11 – опора рычага переключения передач; 12 – ось блока шестерен заднего хода; 13, 31 – шайбы упорные; 14 – блок шестерен заднего хода; 15 – роликоподшипник; 16 – болт со штифтом; 17 – шайба стопорная; 18 – крышка верхняя; 19, 32, 36 – прокладки уплотнительные; 20 – крышка заднего подшипника ведомого вала; 21 – кольцо стопорное; 22 – шарикоподшипник задний ведомого вала; 24 – червяк привода спидометра; 25, 39 – манжеты уплотнительные; 26 – гайка крепления фланца; 27 – фланец крепления карданного вала; 28 – стакан заднего подшипника промежуточного вала; 29 – крышка подшипника; 30 – роликоподшипник сферический; 33 – вал промежуточный; 34 – картер коробки передач; 35 – вал ведомый; 37 – крышка переднего подшипника промежуточного вала; 38 – картер сцепления; 40 – вилка выключения сцепления; 41 – вал вилки выключения сцепления; 42 – муфта выключения сцепления

Коробка передач модели 14 (рис. 1.2) состоит из следующих основных узлов: картера 34 коробки передач, в котором смонтированы ведущий 1, ведомый 35 и промежуточный 33 валы в сборе с шестернями, синхронизаторами и подшипниками; блока шестерен 14 заднего хода; верхней крышки 18 коробки с механизмом переключения передач в сборе. К переднему торцу картера коробки передач прикреплен картер 38 сцепления.

Подшипники валов закрыты крышками с уплотнительными прокладками. Крышка 2 заднего подшипника ведущего вала внутренней расточкой центрируется по наружной обойме подшипника; поверхность крышки, обработанная по внешнему диаметру, является центрирующей поверхностью для картера сцепления. Во внутреннюю полость крышки вставлены две самоподжимные манжеты 39. Рабочие кромки манжет имеют правую насечку. Внутренняя полость большего диаметра предназначена для размещения в ней маслonaгнетающего устройства; спиральные лопатки на торце крышки препятствуют раскручиванию масла в полости нагнетания масло-нагнетающим кольцом, уменьшая тем самым центробежные силы, а значит способствуют повышению избыточного давления масла в полости нагнетания. В верхней части крышки имеется отверстие для подвода смазки из маслonaкопителя коробки передач в полость нагнетания. Крышка 20 заднего подшипника ведомого вала крепится к заднему торцу картера коробки передач и центрируется по наружной обойме заднего подшипника 22 ведомого вала. В задней части крышки установлена манжета 25 с пыльником, на рабочей кромке которой имеется левая насечка. В нижней части крышки в специальной расточке помещен валик, выполненный заодно с шестерней червячной пары привода спидометра. На выступающем конце валика, имеющем лыску, установлена ведущая шестерня цилиндрической пары сменных шестерен привода спидометра. Полость сменных шестерен изолирована от масляной ванны коробки передач, а шестерни смазываются консистентной смазкой ЦИАТИМ-201, закладываемой при сборке. От

вытекания смазка удерживается маслосгонной резьбой, выполненной на валике, и манжетой.

В приливах правой стенки картера коробки передач выполнена расточка, в которую запрессована ось 12 блока шестерен заднего хода. Для предотвращения от выпадения ось закреплена стопорной шайбой 17, привернутой болтом 16, имеющим сверление, в которое вставлен пластмассовый штифт. Штифт уплотняет резьбовое соединение и препятствует вытеканию смазки.

Масло в коробку передач заливается через горловину, расположенную на правой стенке картера. Горловина закрыта пробкой со встроенным масляным щупом. В нижней части картера в бобышки ввернуты сливные пробки, в пробку 8 вмонтирован магнит, улавливающий металлические частицы, которые могут находиться в масле. С двух сторон картера имеются люки для установки коробок отбора мощности, которые закрыты крышками с уплотнительными прокладками.

Шестерни коробки передач скомплектованы попарно с сопрягаемыми шестернями по пятну контакта и уровню шума.

Ведомый вал 16 (рис. 1.3) в сборе с шестернями и синхронизаторами установлен соосно с ведущим валом. На переднем конце вала посажен подшипник 2 с приставным внутренним кольцом, все шестерни вала установлены на роликовых подшипниках, из которых подшипник шестерни четвертой передачи насыпной, без сепаратора.

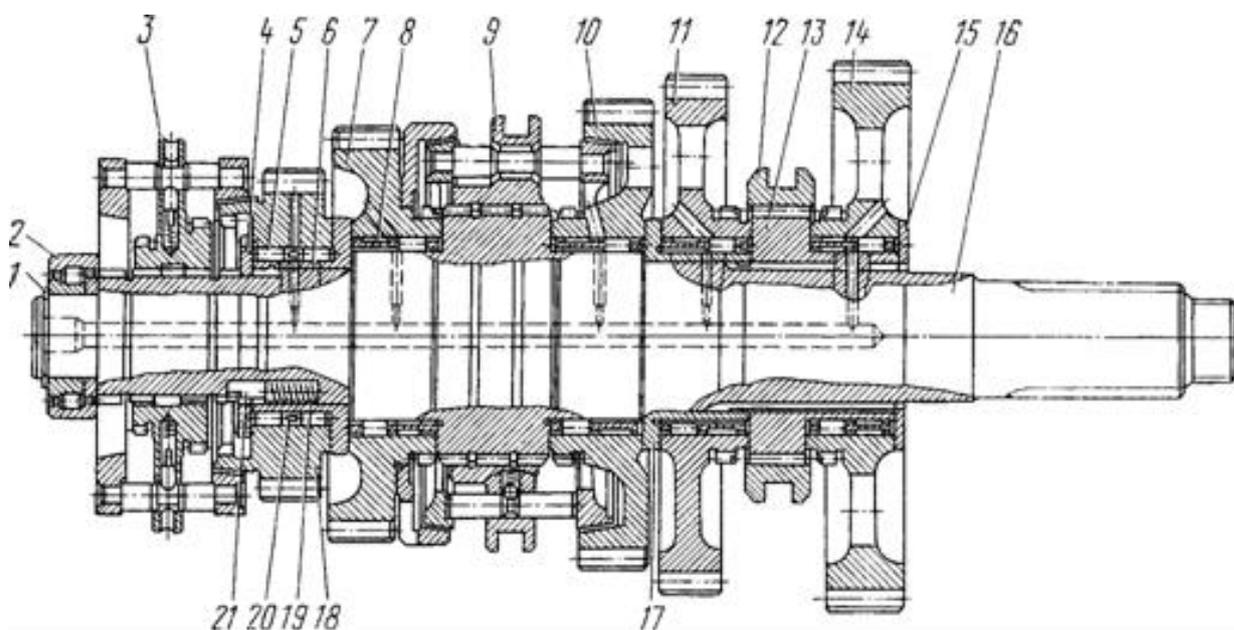


Рисунок 1.3 Ведомый вал в сборе: 1 – кольцо стопорное; 2 – подшипник передний роликовый; 3 – синхронизатор IV и V передач; 4 – кольцо упорное; 5 – ролики подшипника IV передачи; 6 – втулка шестерни IV передачи; 7 – шестерня III передачи; 8 – подшипник роликовый; 9 – синхронизатор II и III передач; 10 – шестерня II передачи; 11 – шестерня заднего хода; 12 – муфта включения I передачи и заднего хода; 13 – втулка шестерни I передачи; 14 – шестерня I передачи; 15 – шайба упорная; 16 – вал ведомый; 17 – втулка шестерни заднего хода; 18 – шестерня IV передачи; 19 – пружина; 20 – втулка промежуточная; 21 – шпонка замковая

Шестерни 18 и 7 четвертой и третьей передач в осевом направлении закреплены упорным кольцом 4 с внутренними шлицами, которое установлено в выточке вала таким образом, что его шлицы расположены против шлицев вала, и застопорено от проворачивания подпружиненной замковой шпонкой 21. По оси вала имеется канал для подвода смазки по радиальным отверстиям к подшипникам шестерен. Масло в канал подается маслonaгнетающим устройством, расположенным на ведущем валу.

Для безударного переключения второй, третьей, четвертой и пятой передач имеется два пальчиковых синхронизатора 3 и 9 инерционного типа.

Вторичный вал КПП модели 14 автомобиля КамАЗ изготавливается из стали 30ХГТ. Химический состав стали 30ХГТ представлен в Таблице 1.1

Таблица 1.1 – Химический состав стали 30ХГТ

C	S	P	Mn	Cr	Si	Ni	Fe	Cu	Ti
0,24-0,32	≤0,035	≤0,035	0,8-1,1	1-1,3	0,17-0,37	≤0,3	Остаток	≤0,3	0,03-0,09

Физические свойства стали 30ХГТ представлены в таблице 1.2

Таблица 1.2 – Физические свойства стали 30ХГТ

Температура испытания, °С	100	500	900
Модуль нормальной упругости, Е, ГПа	212	174	132
Модуль упругости при сдвиге кручением G, ГПа	83	67	51
Коэффициент теплопроводности Вт/ (м ·°С)	36	33	28
Удельная теплоемкость (С, Дж/ (кг ·°С))	495	567	705
Коэффициент линейного расширения (α, 10 ⁻⁶ 1/°С)	10.5	13.3	14.0

Технологические свойства стали 30ХГТ:

- Температураковки – начала 1220, конца 800. Сечения до 200 мм охлаждаются в зольниках, более 200 мм – в печах.
- Свариваемость – ограниченно свариваемая. Способы сварки: РДС, КТС. Рекомендуется подогрев и последующая термообработка.
- Обрабатываемость резанием – после нормализации при НВ 364
К_и тв. спл. = 0,45, К_и б. ст. = 0,25.
- Склонность к отпускной способности – склонна.
- Флокочувствительность – не чувствительна.

1.2 Причины возникновения и анализ возможных дефектов

Возможные дефекты вторичного вала [32, 33]:

- на вторичном валу могут появиться изломы и трещины;

- повышенное изнашивание наружной поверхности шеек втулок, в частности, у втулки на шестерне четвертой передачи, а также у втулки на шестерне заднего хода;
- возможно изнашивание шейки под передний роликовый подшипник, под роликовый подшипник шестерни третьей передачи, а также задний шариковый подшипник;
- повышенная изношенность шлицевой части вала на месте крепления фланца кардана, муфты включения заднего хода и первой передачи, а также ступицы синхронизации между скоростями четыре – один и пятой скорости;
- по мере эксплуатации появляется излишняя изнашиваемость резьбы под гайку, для закрепления фланца кардана.

Вторичный вал (рис. 4) бракуют при наличии обломов или трещин, рисунок, задиров, прижогов на торцах шеек под подшипники шестерен второй и третьей передач, вмятин от роликов на шейках, неравномерном износе торцов.

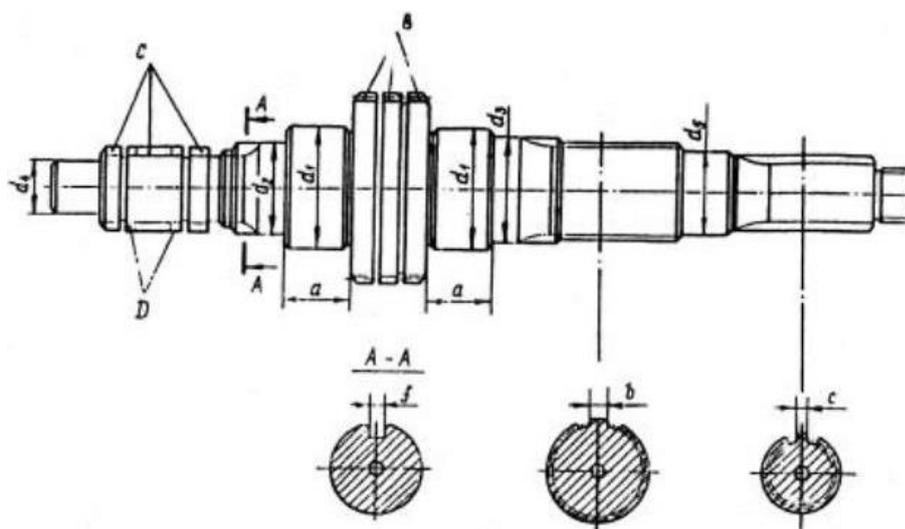


Рисунок 1.4 Вторичный вал коробки передач

Вторичный вал коробки передач бракуют, когда размеры конструктивных элементов вала менее [35]:

- шеек под подшипники шестерен второй и третьей передач – до диаметра d_1 меньше 80,97 мм;
- шлицев под втулки шестерни первой передачи – до толщины C менее 10,89 мм;
- длина шеек менее 43,1 мм;
- шлицев под фланец – до толщины b менее 8,88 мм;
- шпоночного паза – до ширины f более 10,15 мм;
- зубьев B муфты под каретку синхронизатора второй и третьей передач, если боковой зазор в зацеплении с сопряженной новой деталью более 1,5 мм – для крайних венцов и 1,0 – для средних;
- шлицев под каретку синхронизатора четвертой и пятой передач – до толщины менее 9,25 мм (поверхности C) и 9,85 мм (поверхности D);
- шейки под втулку шестерни четвертой передачи – до диаметра d_2 менее 63,003 мм;
- шейки под втулку шестерни заднего хода – до диаметра d_3 менее 70,98 мм;
- шейки под передний подшипник – до диаметра d_4 менее 39,99 мм;
- шейки под задний подшипник – до диаметра d_5 менее 59,97 мм.

Наибольший износ вторичного вала происходит [34] по шлицевому элементу под синхронизатор 4 и 5 передачи, так называемому замку (или утонению). Этот дефект имеет 72 процента валов поступающих в ремонт [36].

При передаче переменного крутящего момента коробкой передач в данном шлицевом сопряжении происходят соударения втулки синхронизатора со шлицами вторичного вала. При этом наблюдаются и осевые перемещения колебания синхронизатора относительно вторичного вала, а также радиальные колебания, вызванные дисбалансом валов и

шестерен. Эти факторы вызывают изнашивание и деформацию шлицевых элементов сопряжения [32].

При срыве или износе резьбы не более 1 нитки следует калибровать резьбу плашкой. При износе резьбы более 1 нитки наплавить резьбу сварочной проволокой Св-08Г2С $\varnothing 1,2$ мм, затем точить под резьбу и нарезать новую резьбу.

Среди посадочных мест наибольший износ имеют шейки под роликоподшипники. Характер износа: следы проворота роликоподшипника, наклеп на щеке, следы сплавления роликоподшипника с шейкой.

1.3 Выбор способа восстановления изношенных поверхностей

Выбор рационального способа характеризует в основном качественную и технико-экономическую стороны, касающиеся восстановления конкретных деталей с учетом условий их эксплуатации, геометрических, физико-механических, конструкционно-технологических особенностей. В то же время полная себестоимость восстановления зависит от годовой программы восстановления. Поэтому при окончательном выборе способа восстановления деталей следует учитывать эти факторы.

Каждая деталь должна быть восстановлена с минимальными трудовыми и материальными затратами при обеспечении максимального срока службы детали после ремонта. Это возможно при рациональных способах восстановления детали. Здесь следует учитывать, что один и тот же способ устранения дефектов в разных случаях может иметь разный эффект в организации производства.

Важным условием обеспечения наилучших экономических показателей и качества, восстанавливаемых детали является выбор оптимального в каждом конкретном случае способа восстановления. Способ восстановления деталей должен выбираться в результате последовательного использования

трех критериев: применимости, долговечности и технико-экономического критерия.

Технологический критерий учитывает, с одной стороны, особенности подлежащих восстановлению поверхностей деталей, а с другой – технологические возможности соответствующих способов восстановления.

На основании технологических характеристик способов восстановления устанавливаются возможные способы восстановления различных поверхностей детали по технологическому критерию.

С точки зрения организации производства, чем меньшее количество способов используется для восстановления различных изнашиваемых поверхностей детали, тем меньше требуется видов оборудования, выше его загрузка, а, следовательно, и выше эффективность производства. В связи с этим для окончательного решения вопроса о способах восстановления изношенной поверхности детали в целом, производится перебор различных способов.

1.3.1. Восстановление деталей под ремонтный размер

При ремонте методом ремонтных размеров одну из износившихся деталей соединения обрабатывают до исчезновения следов износа или до получения определенного заранее установленного размера, а вторую, чаще всего более дешевую, заменяют новой. Например, изношенную шейку вала обрабатывают до исчезновения следов износа и комплектуют ее с новой втулкой, обеспечивающей с полученным размером шейки вала требуемую посадку. Такой ремонт может производиться последовательно несколько раз, причем диаметр вала постепенно будет уменьшаться, а диаметр отверстия ремонтируемой детали – увеличиваться. Таким образом, детали сопряжения будут иметь размеры, отличающиеся от первоначальных. Эти новые, заранее установленные размеры деталей соединения принято называть ремонтными.

Различают три вида ремонтных размеров: стандартные, регламентированные, свободные.

Стандартные ремонтные размеры, изготавливаемые промышленностью, применяют при ремонте поршней, поршневых пальцев, толкателей, вкладышей, поршневых колец.

Регламентированные ремонтные размеры устанавливаются техническими условиями на восстановление деталей. При этом механическую обработку производят до достижения заданной величины.

Свободные ремонтные размеры предусматривают обработку до получения правильной геометрической формы и чистоты рабочей поверхности деталей. Сопряженную деталь подгоняют к восстановленной до свободного ее размера, оставляя припуск для окончательной подгонки по месту.

Основными особенностями метода ремонтных размеров являются: простота и доступность его применения в условиях ремонтных мастерских, а также возможность обеспечения взаимозаменяемости деталей одного ремонтного размера и обеспечение зазора в соединении, равного номинальному.

Число ремонтных размеров и их величины должны быть определенными, так как только в этих случаях возможно изготовление взаимозаменяемых ремонтных деталей, используемых в качестве запасных частей.

Несмотря на некоторые недостатки, например ослабление сечения детали и увеличение номенклатуры деталей, усложняющие их учет, метод ремонтных размеров находит широкое применение при ремонте таких групп деталей, как цилиндр – поршень – кольцо, шатуны – вкладыши – коленчатый вал и др.

На рисунке 1.5 показаны схемы одностороннего износа вала и подшипника, согласно которым можно определить диаметры ближайших ремонтных размеров. Рассмотрим методику определения величины и числа ремонтных размеров на примере соединения, в котором вал подвергается ремонту, а подшипник заменяется.

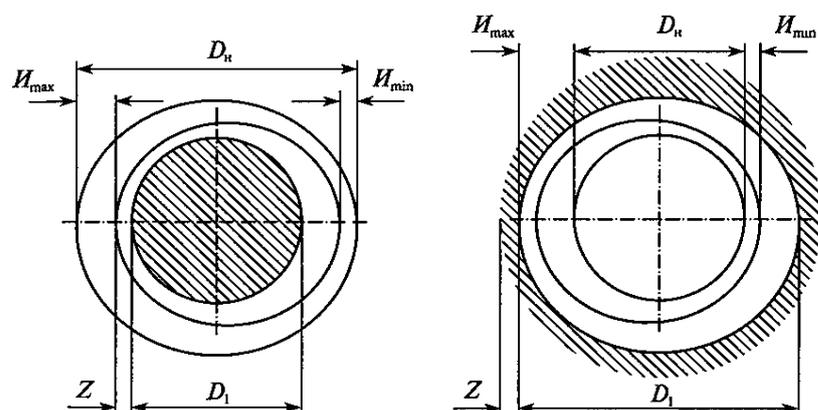


Рисунок 1.5 Схемы обработки вала и отверстия под ремонтный размер

Величина отклонений в размере ремонтных деталей указывается на них в виде ремонтных увеличений или уменьшений от номинального размера. Ремонтное уменьшение (разность между номинальным и ремонтным размерами) указывается со знаком минус, а ремонтное увеличение (разность между ремонтным и номинальным размерами) со знаком плюс. Например, при ремонтном интервале, равном 0,25 мм, увеличение для первого ремонтного размера равно +0,25, для второго 1-0,5, для третьего +0,75 мм и т.д.

Некоторые запасные детали изготавливаются заводами-изготовителями в виде полуфабрикатов в неокончательно обработанном виде или полуобработанными.

Эти детали обозначают добавлением к номеру основной детали буквы Р или РП (ремонтная полуобработка) и цифры, соответствующей порядковому номеру ремонтного размера.

Техническими условиями на ремонт строительных машин допускается уменьшение диаметра вала не более чем на 10 % первоначального его размера. При условии проверки на прочность допустимы и большие уменьшения диаметра вала [23].

1.3.2. Восстановление деталей сваркой и наплавкой

Сваркой называется процесс получения неразъемного соединения металлических изделий местным сплавлением или пластическим деформированием. Разновидностью сварки является наплавка, которая заключается в нанесении слоя расплавленного металла на поверхность изделия.

Соединение металлов при сварке и наплавке осуществляется вследствие межатомного взаимодействия или межмолекулярных связей. Атомы соединяемых металлов сближаются на расстояние порядка 10^{-8} см, т. е. на расстояние, соизмеримое с параметрами кристаллической решетки. Внешние электроны атомов соединяемых металлов образуют общую (коллективную) систему, в результате чего и достигается соединение.

Сближение атомов при сварке достигается плавлением и пластическим деформированием (давлением). При сварке плавлением образуется общая сварочная ванна. Различают электрическую, химическую и литейную сварки плавлением. При электрической сварке нагрев и плавление металла осуществляется за счет теплоты, выделяемой дуговым разрядом, током и др. При химической сварке плавлением источником тепла является горение газов (газовая сварка) или порошкообразной горючей смеси (термитная сварка). Источником тепла при литейной сварке является расплавленный присадочный металл.

Сварка пластическим деформированием может быть выполнена без предварительного нагрева (ультразвуковая, взрывом и др.) и с предварительным нагревом (кузнечная, индукционная, трением и др.).

Сварочные и наплавочные процессы протекают при высоких температурах. Так, например, температура сварочной дуги достигает 6000-6500° С. В расплавленном металле при высокой температуре активизируются процессы окисления, происходит выгорание компонентов и насыщение металла газами: азотом, водородом. Металл сварочного шва или наплавочного валика получается обедненным углеродом, марганцем,

кремнием и обогащенными окислами и нитридами железа, что снижает его прочность и ухудшает обрабатываемость. Поглощение газов расплавленным металлом вызывает образование пор в шве, что делает его хрупким и снижает прочность, пластичность и плотность. Для получения наплавленного слоя с высокими физико-механическими свойствами применяют средства защиты расплавленного металла от воздуха и легирование его марганцем, кремнием и другими элементами, применением качественных обмазок, электродов, флюсов и защитной среды из газов, пара, жидкости и пр.

В результате нагрева и охлаждения основного металла в околошовной зоне и изменения объема металла шва возникают внутренние термические напряжения, способствующие возникновению деформаций и трещин. На границе сварочной ванны и основного металла образуется зона термического влияния, где наблюдается изменение структуры и механических свойств основного металла [30].

Электродуговой сваркой называется такой вид сварки, при которой местный нагрев и расплавление свариваемых металлов осуществляется электрической дугой. Сварочной дугой называется мощный разряд электричества в газовой среде при наличии в ней заряженных частиц – электронов и ионов.

Возникновение заряженных частиц в дуговом промежутке обуславливается эмиссией электронов с поверхности электродов и ионизацией находящихся в нем газов и паров металла (температура кипения металлических сварочных электродов составляет 3500-4000 °С, а температура в центре столба дуги – 6500 °С).

Электрическая дуга горит устойчиво при напряжении 18-40 В. Питание дуги может осуществляться постоянным или переменным током. Последнее более экономично, так как расход электроэнергии составляет 3-4 кВт/ч на 1 кг наплавленного металла, а при сварке на постоянном токе 6-8 кВт/ч.

В зависимости от того, с каким полюсом источника постоянного тока соединяется деталь, различают прямую и обратную полярность. При прямой

полярности свариваемое изделие соединяется с положительным полюсом источника сварочного тока, а электрод – с отрицательным. При обратной полярности, наоборот, изделие соединяется с отрицательным полюсом, а электрод с положительным.

В качестве источника постоянного сварочного тока используют сварочные преобразователи напряжения и сварочные выпрямители. Преобразователь состоит из сварочного генератора постоянного тока, трехфазного электродвигателя и пускорегулирующей аппаратуры. Сварочные выпрямители состоят из понижающего трехфазного трансформатора, блока выпрямителей, пускорегулирующей и защитной аппаратуры. Блоки выпрямителей выполнены из селеновых пластин или полупроводниковых (германиевых или кремниевых) вентилях.

Источниками переменного тока являются сварочные трансформаторы, которые состоят из однофазного понижающего трансформатора и регулятора. Последний может быть выполнен в одном корпусе с трансформатором или отдельным аппаратом.

Различают ручную и механизированную электрическую дуговую сварку и наплавку. Последняя подразделяется на автоматическую и полуавтоматическую. При автоматической сварке и наплавке механизированы подача электрода в зону дуги и передвижение его вдоль сварочного шва или наплавляемого валика. При полуавтоматической сварке и наплавке механизирована только подача электрода в зону дуги.

При ручной сварке (наплавке) все операции выполняет сварщик вручную. Низкоуглеродистые стали свариваются хорошо. С увеличением содержания углерода свариваемость ухудшается. Свариваемость легированных сталей затрудняется образованием тугоплавких окислов легирующих компонентов. Получение качественного сварного соединения достигается подбором материала для стержней электродов и покрытием их толстой (качественной) обмазкой. Для сварки углеродистой стали применяют обычно электроды из малоуглеродистой стали, легированной

раскислителями железомарганцем, кремнием, титаном и др. Легированную сталь сваривают электродами из легированной стали. Electroды изготовляют с тонкими (стабилизирующими) обмазками толщиной до 0,25 мм и толстыми (качественными) толщиной 1-1,5 мм.

Режим сварки обуславливается типом, маркой и диаметром электрода, силой сварочного тока и полярностью, порядком наложения шва (валика).

Тип и марку электрода выбирают в зависимости от химического состава и механических свойств восстанавливаемой детали. Диаметр электрода назначается в соответствии с толщиной свариваемых деталей. По выбранному диаметру электрода устанавливают силу сварочного тока. Так, при толщине металла от 2 до 10 мм применяют электроды диаметром 3, 4, 5 и 6 мм при сварочном токе 140-300 А, при толщине металла от 10 до 20 мм диаметром 7, 8 и 10 мм при сварочном токе 340-420 А [18].

Автоматическая сварка и наплавка под флюсом. Электрическая дуга горит под расплавленным флюсом (рис. 1.6), который вместе с образующимися газами защищает жидкий металл от воздуха, сохраняет тепло дуги и препятствует разбрызгиванию металла. При остывании расплавленного флюса образующаяся шлаковая корка способствует формированию шва, замедляет охлаждение металла, улучшая газовыделение и кристаллизацию.

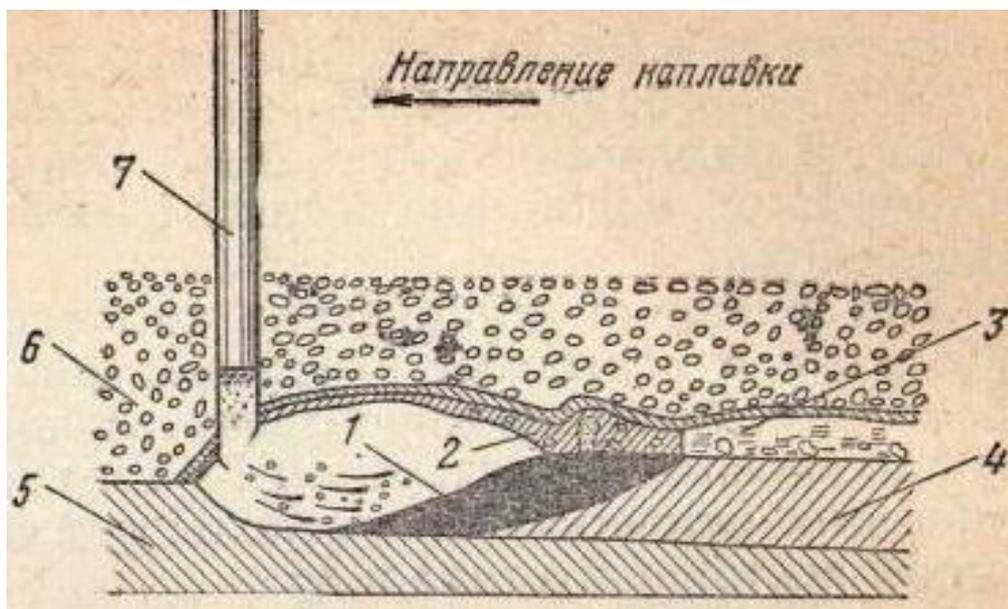


Рисунок 1.6 Схема сварочной ванны при наплавке под флюсом: 1 – жидкий металл; 2 – жидкий шлак; 3 – шлаковая корка; 4 – наплавленный металл; 5 – основной металл (детали); 6 – слой флюса; 7 – электродная проволока

Через флюс идет легирование и раскисление наплавленного металла. Большие плотности тока ($70-150 \text{ А/мм}^2$) при сварке и наплавке способствуют глубокому проплавлению металла. Автоматическую наплавку выполняют на станках или специальных устройствах. Для наплавки, например, цилиндрическая деталь устанавливается в патрон или центрах токарного или наплавочного станка и вращается с заданной скоростью (1,5-2,5 об/мин), а устройство для автоматической подачи электродной проволоки (наплавочная головка) и бункер для флюса закрепляются на суппорте станка и имеют продольную подачу. Рабочий, обслуживающий автомат, не принимает непосредственного участия в образовании наплавочного валика. Он управляет наплавкой через пульт управления.

Марку проволоки выбирают с учетом применяемого флюса с тем, чтобы получить наплавленный металл нужного качества. Так, например, легировать наплаваемый металл можно через флюс или электрод.

Флюсы бывают керамические и плавные. Последние получают сплавлением компонентов с последующей грануляцией. Для наплавки деталей чаще применяют высокомарганцовистые и высококремнистые флюсы. Керамические флюсы представляют собой механическую смесь легирующих, модифицирующих, раскисляющих и шлакообразующих компонентов.

Для экономии легирующих компонентов применяют порошковую проволоку и ленточные электроды шириной 20-100 мм. Последние, кроме того, повышают производительность наплавки. Детали наплавляются проволокой диаметром 1-3 мм при сварочном токе 100-250 А. В качестве источника тока используют выпрямители и сварочные генераторы постоянного тока и др.

Положительными сторонами сварки и наплавки под флюсом являются высокая производительность и автоматичность процесса, высокое качество наплавленного металла, стоимость работ значительно ниже, чем при ручной сварке и наплавке, лучшее использование и экономия электроэнергии и электродной проволоки.

К недостаткам следует отнести то, что нагрев изменяет структуру и механические свойства основного металла, детали диаметром менее 45 мм наплавлять затруднительно ввиду стекания шлака с наплавляемой поверхности, необходимо применение дорогостоящих флюсов и специальной проволоки, требует затрат дополнительного рабочего времени на подготовку флюса.

Для повышения износостойкости и усталостной прочности применяют обычные флюсы с металлическими добавками и упрочнение механическим и электромеханическим способом рабочих поверхностей (шеек), концентраторов напряжения (галтелей, отверстий и др.), ряда основных деталей (шеек коленчатых валов и др.) [13, 29].

Полуавтоматическая и автоматическая сварка, и наплавка в среде защитных газов. При данном виде сварки и наплавки металл в сварочной

ванне защищается от кислорода и азота воздуха инертным газом (аргоном, углекислым газом) или водяным паром.

В авторемонтном производстве автоматическую наплавку в среде защитных газов применяют для восстановления деталей из стали, а полуавтоматическую сварку для ремонта кузовов, кабин и деталей оперения. Для сварки применяют полуавтоматы. Наплавку углеродистых, низколегированных и некоторых марок легированных сталей и чугуна ведут в углекислом газе, а цветных металлов и высоколегированных сталей – в аргоне.

Сварка (наплавка) в среде защитных газов по отношению к ручной электродуговой сварке и сварке и наплавке под слоем флюса имеет следующие преимущества: возможность качественной сварки тонкостенных деталей (толщиной 0,8-2,5 мм); простота способа и возможность его широкого применения (маневренность) место сварки открыто и можно вести процесс в любом направлении; возможность механизации и автоматизации процессов сварки и наплавки деталей, находящихся в любом пространственно положении не требуется флюс электродная обмазка, а также очистка наплавленного металла от шлаковой корки; уменьшение склонности металла к образованию пор при наплавке на умеренно ржавый металл; дешевая и недефицитная защитная среда; устойчивость наплавленного металла к трещинам; отсутствие вредных выделений в процессе наплавки и сварки, что создает благоприятные условия для работающих.

К недостаткам способа относятся сравнительно большие потери металла на разбрызгивание и относительно невысокие механические свойства наплавленного металла, необходимость применения специальных сортов электродной проволоки и регулирующих устройств (индуктивности).

Высокое качество сварки обеспечивается при использовании специальной осушенной углекислоты. Для сварки может быть использована обычная пищевая углекислота, содержащая воздух и влагу (воду), что увеличивает разбрызгивание и снижает механические свойства

наплавленного металла. Кроме того, выходящий из баллона газ расширяется и температура его резко понижается. Содержащаяся в пищевом углекислом газе влага может замерзнуть и закупорить каналы газовой аппаратуры. Для того чтобы исключить такое явление на пути подачи газа, необходимо устанавливать подогреватель (электрический) и осушитель – небольшой цилиндр, заполненный веществом, поглощающим влагу (силикагелем) [30].

Электроимпульсная наплавка. Автоматическая электроимпульсная (вибродуговая) наплавка. Электроимпульсная (вибродуговая) наплавка автомобильных деталей имеет ряд преимуществ перед другими видами наплавки. При вибродуговой наплавке восстанавливаемые детали не получают сильного нагрева, в результате чего химический состав и физико-механические свойства деталей почти не изменяются. Применение охлаждающей жидкости обеспечивает быстрое формирование наплавленного металла, его закалку и получение износостойкой структуры, охлаждение детали и предотвращение ее деформации, а также некоторую защиту металла от окисления. Эта наплавка дает возможность восстановить закаленные поверхности без последующей термической обработки и правки, а также восстанавливать детали из ковкого и серого чугуна. Вибродуговой наплавкой можно наносить слои металла различной толщины от 0,1 до 3 мм, что нельзя сделать другими видами наплавки. Широкому внедрению этого способа восстановления деталей способствовала также высокая производительность процесса ($5-7 \text{ г/А}^{-\text{ч}}$) и малое потребление энергии.

Установка для автоматической наплавки деталей состоит из токарного станка, оборудованного редуктором для уменьшения частоты вращения шпинделя, источника тока, наплавочной головки, электрораспределительного устройства и устройства для хранения, выработки и подвода в зону наплавки той среды (жидкости, газа), в которой ведется процесс наплавки. В качестве источников тока используют

сварочные преобразователи или преобразователи для гальванических процессов и селеновые выпрямители, соединенные в группы для обеспечения напряжения 12-18 В. Наплавочная головка, предназначенная для подачи и вибрации электродной проволоки, состоит из механизма подачи электрода с электродвигателем, редуктором и кассетой с проволокой, вибратора с направляющей трубкой для электродной проволоки – мундштуком и опоры с механизмом подъема и поворота головки. В электрораспределительное устройство входят индуктивное сопротивление (дроссель), включенное последовательно в сварочную цепь, и регулятор амплитуды колебаний вибратора и скорости подачи проволоки.

Наплавляемую деталь устанавливают в патрон или центра, а наплавочную головку – на суппорт токарного станка. Электродная проволока с наплавляемой деталью подается подающим механизмом через мундштук, закрепленный на якоре электромагнитного или на коромысле механического вибратора наплавочной головки. Конец электродной проволоки вместе с мундштуком колеблется с частотой 50-110 кол/с, касаясь и отрываясь от поверхности детали. Касание проволоки вызывает мощный импульс тока короткого замыкания, под действием которого электрод приваривается к детали, т. е. происходит контактная сварка. При отходе мундштука от детали нагретая проволока обрывается, разрывая цепь сварочного тока, и под действием образующихся экстратоков возникает дуговой разряд, который оплавливает приваренную к детали частицу проволоки.

При средней силе тока в цепи 180 А сила импульса тока при коротком замыкании возрастает до 500-600 и даже до 1100-1300 А. При напряжении источника тока до 12-22 В отсутствуют условия горения сварочной дуги, так как напряжение ниже потенциала ионизации среды. В момент размыкания под действием электродвижущей силы самоиндукции напряжение увеличивается до 30-35 В, чем обеспечивается устойчивое горение дуги. По мере отвода электрода от детали ток в цепи падает,

электрический (дуговой) разряд прекращается и наступает период холостого хода, который продолжается до очередного короткого замыкания.

Наплавку можно выполнять на постоянном, переменном или комбинированном токе. Высококачественные покрытия получают при использовании постоянного тока обратной полярности.

Вибродуговая наплавка имеет ряд преимуществ. К ним следует отнести то, что она обеспечивает высокую твердость и износостойкость восстанавливаемых поверхностей деталей, возможность наплавки закаленных поверхностей без последующей термической обработки и правки. Этот вид наплавки характеризуется высоким коэффициентом наплавки – в 2 раза выше, чем при ручной электродуговой наплавке (табл. 1.3) при относительно несложном технологическом процессе.

Таблица 1.3 – Параметры наплавки

Параметры	Вид наплавки		
	Ручная электродуговая	Автоматическая электродуговая под флюсом	Вибродуговая
Производительность, кг/ч	0,8	3,2	1,0
Коэффициент наплавки, кг/кВт-ч	0,27	0,61	0,49
Покрываемая наплаиваемость площадь при толщине слоя 2,5 мм, см ² /мин	6,5	12-15	7,8

Производительность вибродуговой наплавки может быть значительно увеличена (до 3-4 раз), если вести ее на форсированных режимах. Наплавкой можно восстанавливать поверхности как с большим, так и с малым износом, так как толщина наплаиваемого слоя металла может колебаться от 0,1 мм до 3 мм. Вибродуговую наплавку применяют для восстановления деталей не только из углеродистых и низколегированных сталей, но также и из серого, ковкого и высокопрочного чугуна. Применяя наплавку серого и ковкого чугуна в два слоя, получают покрытие без пор с минимальным отбелом. Последующую обработку такой наплавленной

поверхности можно производить обычными режущими инструментами. Вибродуговая наплавка обладает довольно высокой экономической эффективностью. Стоимость восстановления этим способом в 2-3 раза ниже стоимости восстановления ручной электродуговой наплавкой и не превышает 25% стоимости новой детали.

Недостатками вибродуговой наплавки в жидкости являются появление трещин, пор и растягивающих напряжений. Поры образуются вследствие быстрого перехода металла при охлаждении водой из жидкого состояния в твердое. Поглощенные металлом газы не успевают выделяться. Все это снижает усталостную прочность деталей (до 46%), а также приводит к неравномерной твердости наплавленного слоя и неоднородности микроструктуры металла. Вибродуговой наплавкой в жидкости целесообразно восстанавливать детали, не несущие больших переменных нагрузок [18].

1.4 Анализ способов электромагнитной наплавки и устройства, реализующие их

В последние годы все более широкие исследования проводятся по изысканию и внедрению новых физических и электрофизических способов воздействия на жидкий металл непосредственно в процессе наплавки, которые направлены на исключение из технологических процессов многочисленных конструкционных недостатков. Одним из методов электрофизического воздействия является электромагнитная наплавка (ЭМН), обеспечивающая нанесение, термообработку, упрочнение формируемого покрытия в электромагнитном поле. При этом формируются необходимые размеры обрабатываемой детали, физико-механические и эксплуатационные свойства поверхности изделий. Процесс ЭМН обеспечивает формирование тонких слоев защитных покрытий, толщиной 0,1-0,6 мм на сторону, а также высокую прочность соединения

наплавленного покрытия с основой при минимальном тепловыделении и расплавлении материала основы. Данный метод находит применение при восстановлении посадочных мест валов, осей и других тел вращения (диаметром от 20 мм и более) под подшипники качения и скольжения, зубчатые колеса, шкивы, шестерни, звездочки и другие детали сельскохозяйственного и автодорожного производства.

Особенностью электромагнитной наплавки является одновременное воздействие в рабочей зоне электрического тока и внешнего магнитного поля на ферромагнитный порошок (ФМП) и поверхность заготовки детали, в результате которого происходят нагрев и плавление ФМП, генерация и развитие электрических разрядов, полярный перенос материала покрытия и распределение части расплава ФМП по поверхности заготовки. В поверхностных слоях материала детали протекают химические и структурные превращения, вследствие которых на поверхности ее образуется монолитное соединение покрытия с основой [27]. На рис. 1.6 представлены принципиальные схемы ЭМН на наружные поверхности деталей.

На процесс формообразования обрабатываемой поверхности по степени значимости в порядке убывания оказывают влияние такие виды энергии, как электрическая, магнитная и механическая. По функциональному назначению основную роль (генерацию, развитие электрических разрядов, нагрев и плавление цепочек-микроэлектродов из зерен ФМП в рабочей зоне (РЗ)) выполняет энергия электрического тока, вспомогательную (удержание зерен ФМП и формирование многоэлектродной системы в РЗ, взаимодействие наплавляемого материала с основой) – магнитная и механическая энергия [18].

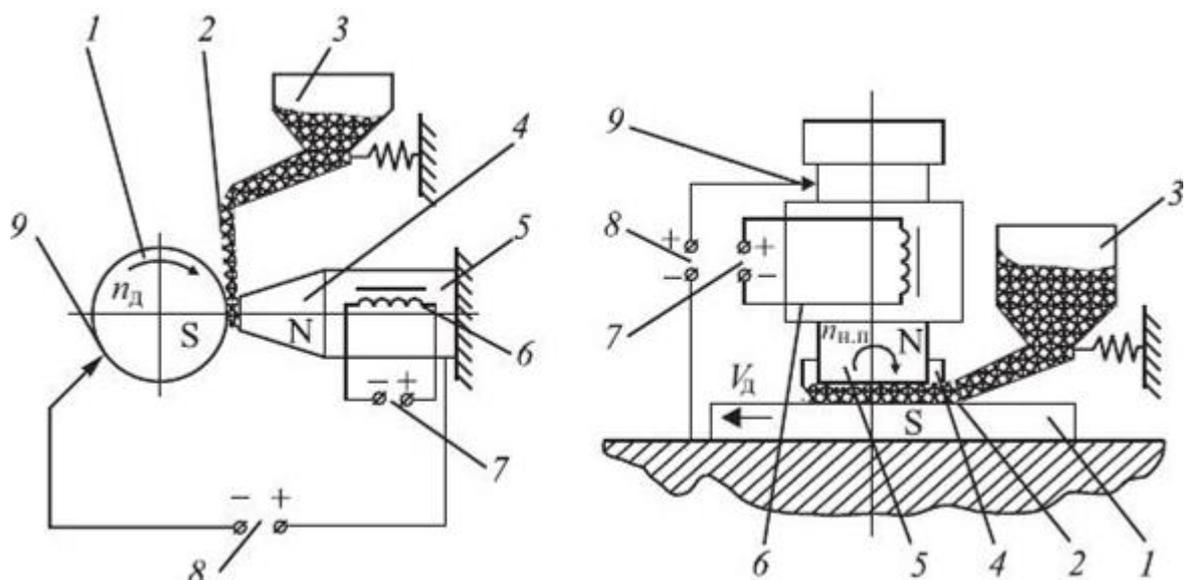


Рисунок 1.6 Принципиальная схема электромагнитной установки на поверхность заготовки детали типа тела вращения (слева) и плоские поверхности (справа): 1 – заготовка детали; 2 – ферромагнитный порошок; 3 – бункер-дозатор; 4 – полюсный наконечник; 5 – сердечник электромагнита; 6 – электромагнитная катушка; 7 – источник питания электромагнитной катушки; 8 – источник технологического тока; 9 – скользящий контакт плоской поверхности.

В зависимости от реализации различных сочетаний характеристик и параметров электромагнитных и механических воздействий, условий проведения, свойств ФМП, рабочей жидкости (РЖ) и обрабатываемых материалов ЭМН используется как для упрочнения рабочих, так и для восстановления изношенных поверхностей деталей машин [18, 22, 27].

Анализ технологических схем ЭМН показывает, что наибольшее распространение получили устройства для упрочнения и восстановления наружных поверхностей тел вращения – однополюсные и двухполюсные установки ЭМН. Использование в качестве защитного газа в рабочей зоне (РЗ) азота или насыщение им поверхности зерен ФМП практически не изменяет физикомеханических свойств покрытий. Дополнительное термическое воздействие угольным электродом обрабатываемой

поверхности в РЗ приводит к накоплению теплоты в теле детали и ее последующей деформации [15]. Перегрев детали в процессе ЭМН устраняется использованием охлаждающей жидкости – водных растворов эмульсий различной концентрации.

Способ, сочетающий ЭМН и шлифование, не обеспечивает необходимых толщины наплавляемого слоя и шероховатости поверхности из-за температурного разупрочнения покрытия в РЗ и повышенного изнашивания абразивного круга.

Формировать в покрытиях прогнозируемый уровень остаточных сжимающих напряжений, повышающих усталостную прочность деталей, позволяют устройства комбинированной обработки, обеспечивающие совмещение ЭМН с поверхностным пластическим деформированием по различным схемам – с одним, двумя или тремя накатными устройствами. Повысить производительность процесса комбинированной обработки можно за счет создания больших усилий ППД без базирования обрабатываемой заготовки детали [15].

2 Расчёты и аналитика

2.1 Установка для электромагнитной наплавки

Следует отметить, что в настоящее время широко известно большое количество устройств и схем, реализующих процесс ЭМН при восстановлении и упрочнении деталей машин. Ниже рассматриваются способы, устройства и схемы, реализующие процесс ЭМН.

На рисунке 2.1 приведены принципиальные схемы ЭМН, отражающие сущность технологии упрочнения и восстановления наружных поверхностей деталей в комбинированном физическом поле. Обрабатываемая деталь 1 устанавливается на определенном расстоянии (зазор $\Delta=2,0-3,0$ мм) от полюсного наконечника 4 электромагнита 5. В зазор между полюсным наконечником и обрабатываемой поверхностью детали подают ферромагнитный порошок из бункера-дозатора 3 в потоке рабочей жидкости. На полюсный наконечник и обрабатываемую деталь подается разность потенциалов от источника электрического тока. Зерна ферромагнитного порошка выстраиваются вдоль магнитных силовых линий в цепочку 2 и замыкают электрическую цепь между заготовкой и наконечником. При этом в рабочей зоне “обрабатываемая поверхность детали – полюсный наконечник” в результате возникновения электрического разряда происходит расплавление зерен ферромагнитного порошка импульсами разрядов, полярный перенос и распределение по подплавленной поверхности заготовки в постоянном магнитом поле.

Конструкции устройств, реализующих процесс ЭМН, очень просты и могут быть выполнены по однополюсной и двухполюсной схемам (рисунок 2.2, б и в). При двухполюсной схеме обеспечивается более высокая производительность ЭМН, а при однополюсной – сплошность наносимого покрытия. Стабильность процесса ЭМН и прочность покрытия повышается,

если подачу порошка осуществлять в потоке рабочей жидкости. При этом рабочая жидкость должна удовлетворять требованиям: низкой коррозионной активности к материалам порошков и обрабатываемой заготовки; высокой температуре вспышки; хорошей фильтруемости; отсутствию запаха и низкой токсичности. В качестве СОЖ широко используются водные растворы эмульсолов Э-2, “Аквол” различной концентрации. Повышение стабильности и равномерности процесса получено в результате использования в рабочей жидкости солей калия, кальция, натрия. В процессе эксплуатации рабочая жидкость засоряется ферромагнитным порошком и продуктами разрушения. Очистку СОЖ осуществляют с помощью фильтров и постоянных магнитов.

Значительное повышение стабильности протекания процесса наплавки обеспечивается применением устройства для ЭМН в пульсирующем магнитном поле с вибрацией полюсного наконечника 4 (рисунок 2.1, в). При этом обеспечивается синхронизация изменения магнитного потока в рабочем зазоре с вибрацией полюсного наконечника. Использование этой принципиальной схемы исключает возможность возникновения короткого замыкания в цепи разрядного тока.

Для увеличения геометрических параметров и повышения физико-механических свойств упрочненных и восстановленных поверхностей деталей машин перспективно применять комбинированный метод ЭМН с поверхностным пластическим деформированием (ППД).

Совмещение наплавки и поверхностного пластического деформирования обеспечивает получение сжимающих остаточных напряжений, повышающих усталостную прочность восстановленных изделий. Комбинированный метод ЭМН с ППД осуществляется по различным схемам с использованием одного, двух или трех исходных устройств (рисунок 2.2, а).

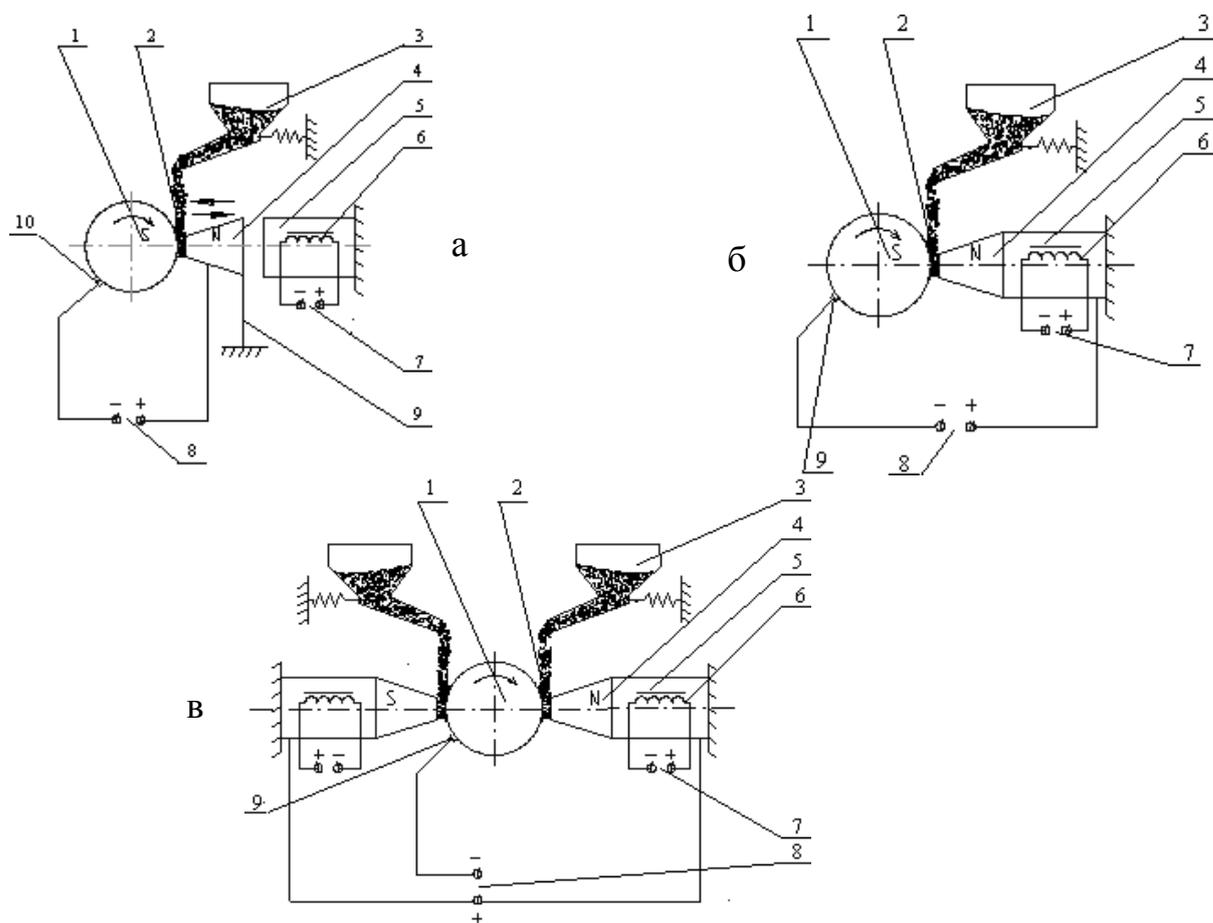


Рисунок 2.1 Принципиальные схемы электромагнитной индукции и приложения на вращающихся поверхностях тел вращения: а – однополюсная с вибрацией полюсного наконечника; б – однополюсная; в – двухполюсная;

1 – заготовка, 2 – ферромагнитный порошок; 3 – бункер-дозатор;

4 – полюсный наконечник; 5 – сердечник электромагнита;

6 – электромагнитная катушка; 7 – источник питания электромагнитной катушки; 8 – источник разрядного тока

9 – пластинчатая пружина; 10 – скользящий контакт

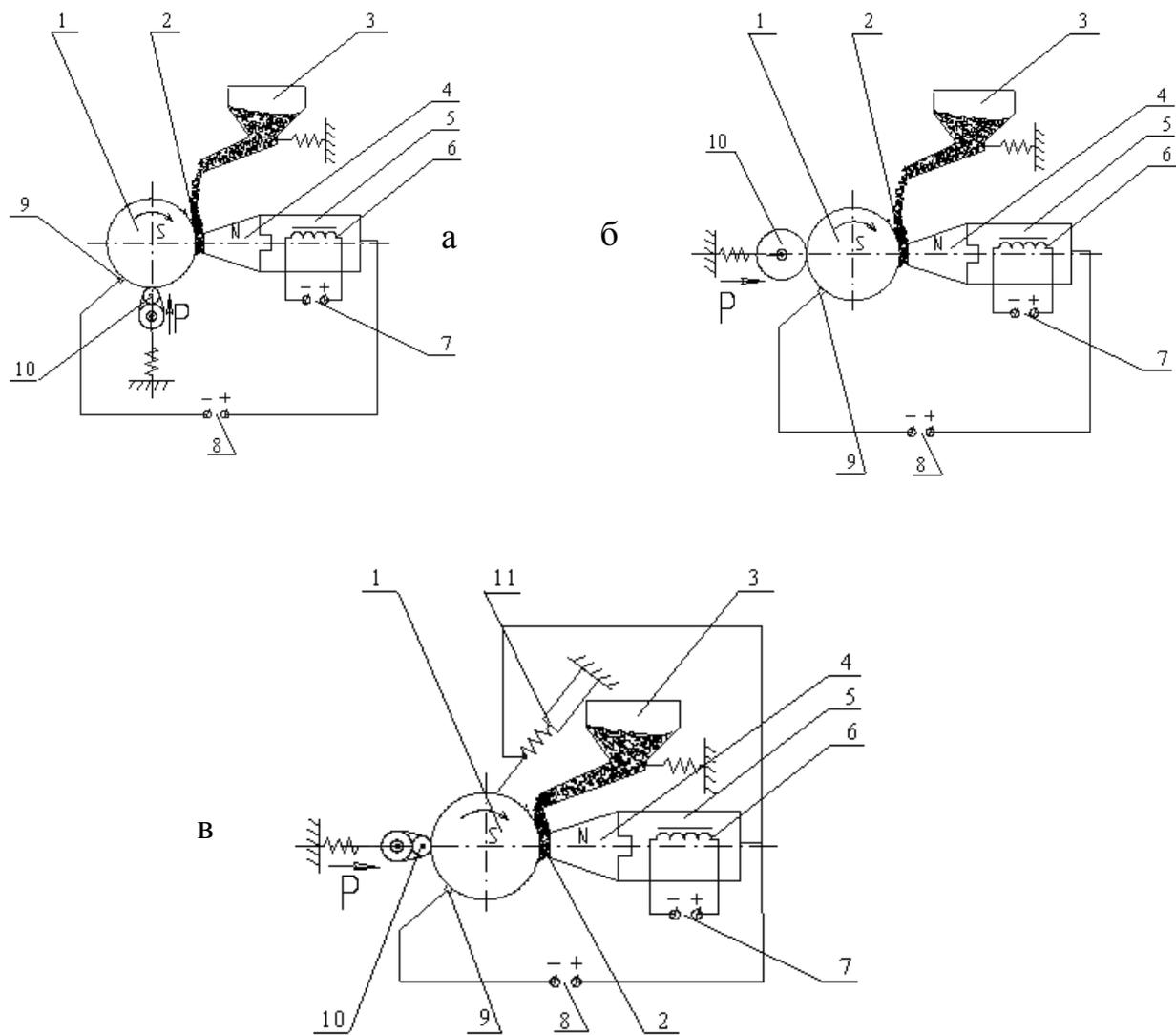


Рисунок 2.2 Принцип и альные схемы комбинированных методов электромагнитной индукции: а – с поверхностным пластическим деформированием и активным устройством 10; б – с обмоткой абразивным кругом 10; в – с термическим воздействием угольным электродом и механическим воздействием роликом 10;

1 – заготовка; 2 – ферромагнитный порошок; 3 – бункер-дозатор;

4 – полюсный окончание; 5 – сердечник электромагнита;

6 – электромагнитная катушка; 7 – источник питания электромагнитной катушки; 8 – источник разрядного тока;

9 – скользящий контакт; 11 – угольный электрод

Авторами работы рекомендуется для формирования упрочненного слоя обрабатываемой поверхности детали комбинированный метод ЭМН с дополнительным термическим воздействием угольным электродом 14 (Рисунок 2.2, в), установленным между наконечником электромагнита и калибрующим роликом 10. Для получения необходимых параметров толщины наплавленного слоя, сплошности и шероховатости покрытия авторами /5, 6/ предложено совмещать ЭМН одновременно со шлифованием нанесенного покрытия абразивным кругом 11 (рисунок 2.3, б).

Для реализации способа ЭМН проектируют и изготавливают установки за счет модернизации различных металлорежущих станков путем разработки навесного оборудования для магнитной и электрической систем, устройств подачи СОЖ.

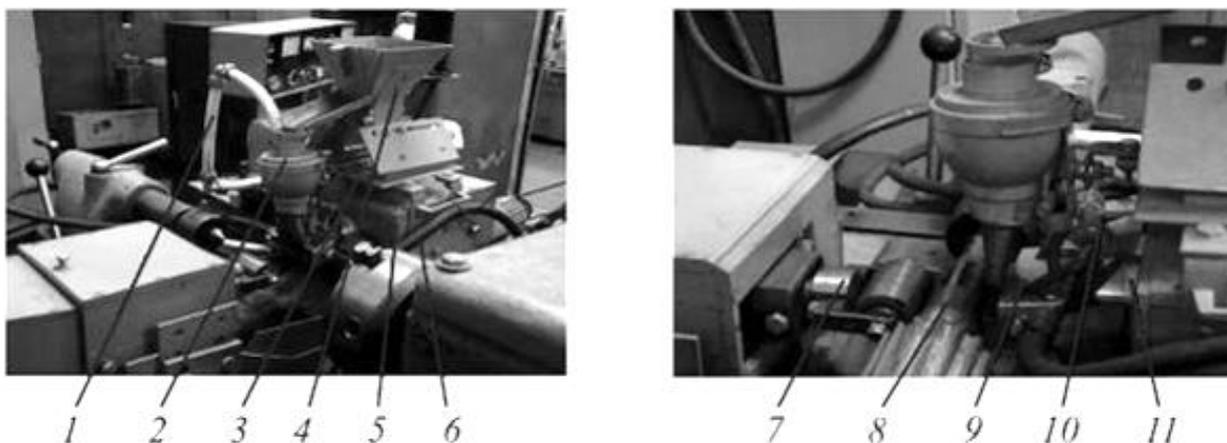


Рисунок 2.3 Фотография и рабочей зоны установки наплавления в электромагнитном поле: 1 – трубопровод для подачи и жидкости; 2 – смеситель; 3 – полюсный наконечник; 4 – бункер-дозатор; 5 – электромагнитный пистолет; 6 – трубопровод для подачи и охлаждающей жидкости наконечника; 7 – автоматное устройство; 8 – заготовка детали; 9 – сопло; 10 – трубопровод для подачи азотного газа; 11 – сердечник постоянного магнита

Известна установка для наплавки износостойких покрытий с магнитной системой (МС) на постоянных магнитах (ПМ) из сплава ЮНДК24Т (рис. 2.3) на базе станка токарной группы (например, мод. 1Е61М). Обрабатываемая заготовка детали крепится в центрах и приводится во вращение от привода станка (рис. 2.3). На полюсный наконечник и заготовку подают напряжение от источника технологического тока наплавки, а в зазор между полюсным наконечником и деталью – ферромагнитный порошок из бункера-дозатора в потоке охлаждающей жидкости. Частицы ФМП выстраиваются вдоль магнитных силовых линий, циркулирующих в двух замкнутых кольцевых потоках постоянного магнит - деталь, образующихся благодаря Е-образной форме постоянного магнита с расположенным в центре сердечником. При возникновении разряда в рабочей зоне происходят расплавление частиц порошка импульсами электрических разрядов, полярный перенос и распределение по поверхности заготовки детали расплавленного порошка.

Для формирования защитных покрытий при ЭМН используют широкую гамму порошковых материалов, что позволяет изменять и прогнозировать физико-механические и эксплуатационные свойства рабочих поверхностей деталей [18]. При этом ФМП должен обладать хорошими магнитными свойствами, электропроводностью и невысокой температурой плавления, а также невысокой стоимостью и формировать покрытия с высокими физико-механическими и эксплуатационными свойствами.

Наиболее полно этим требованиям соответствуют гранулированные композиционные порошки на основе железа со сферической формой частиц, упрочненные твердыми фазами карбидного или интерметаллидного типа. Сфероидизированные порошки с гранулометрическим составом 160-320 мкм (ГОСТ 18318-73) отличаются хорошей текучестью, не застревают в дозирующих устройствах и равномерно распределяются в рабочем зазоре.

Одними из распространенных материалов для ЭМН являются двухкомпонентные легированные порошки на основе железа Fe-2%V, Fe-Ti (ГОСТ 9849-86), а также высокоуглеродистый порошковый сплав ФБХ 6-2 (ГОСТ 11546-75).

Сплавы Fe-2%V и Fe-Ti имеют небольшое количество легирующих компонентов, и при их наплавке возможно образование устойчивых твердых карбидов ванадия и титана с углеродом, а также упрочнение твердого раствора интерметаллидными фазами. Ферромагнитный порошок ФБХ 6-2 обеспечивает получение покрытий, сохраняющих высокую твердость, плотность и износостойкость до температуры, не превышающей 500 °С в сопряжениях пар трения.

Технологические факторы оказывают различное влияние на показатели процесса ЭМН.

Наибольшее влияние на производительность процесса ЭМН оказывает окружная скорость заготовки V и скорость продольной подачи S . Далее в порядке убывания следуют плотность разрядного тока i , расход ФМП q , величина рабочего зазора D_p . На относительную износостойкость оказывают значительное влияние скорость продольной подачи и плотность разрядного тока i . Затем по степени значимости располагаются в ряд окружная скорость заготовки V , величина рабочего зазора D_p и расход ферропорошка q .

Влияние скоростей V и S на производительность процесса и относительную износостойкость самое большое из всех технологических факторов – при изменении подачи в пределах 0,05-0,25 мм/об и окружной скорости 0,02-0,06 м/с они оказывают основное влияние на эксплуатационные показатели. Однако при дальнейшем увеличении V и S (более 0,35 мм/об и 0,08 м/с соответственно) происходит заметное ухудшение производительности процесса наплавки и относительной износостойкости.

При увеличении плотности разрядного тока производительность возрастает, так как нагрев и расплавление цепочек-микроэлектродов ФМП возрастают за счет преобразования электрической энергии в тепловую. В результате превышения максимальной величины плотности тока производительность снижается, так как повышается вероятность возникновения электрического разряда у поверхности полюсного наконечника из-за увеличения коэффициента передачи энергии.

При малых величинах рабочего зазора влияние на эксплуатационные параметры материала детали незначительно, так как образуется большое количество цепочек-электродов, удерживаемое постоянным магнитным полем ФМП в рабочем зазоре. Количество передаваемой энергии ферропорошку и перенос материала ФМП на поверхность обрабатываемой заготовки вследствие этого снижаются. При увеличении рабочего зазора снижаются производительность и износостойкость из-за большой длины цепочек-микроэлектродов.

В табл. 2.1 представлены рациональные режимы обработки различных поверхностей, обеспечивающие требуемое качество деталей наиболее производительным путем при минимальных затратах.

Таблица 2.1 – Рациональные режимы обработки

Технологический фактор	Обрабатываемая поверхность	
	наружная	плоская
Плотность разрядного технологического тока i , А/мм ²	1,80	2,0
Величина магнитной индукции в рабочем зазоре B , Тл	0,20...0,80	0,10...0,50
Скорость продольной подачи S , мм/об	0,25...0,35	0,30...0,35
Окружная скорость заготовки V , м/с	0,05	-
Зернистость порошка, мкм	240... 320	240... 320
Величина рабочего зазора L_p , мм	1,50	2,0
Расход ФМП q , г/(с • мм ²) • 10 ³	2,55	2,80
Расход СОЖ u , дм ³ /(с • мм ²) • 10 ³	2,30	2,50
Порошок	ФБХ 6-2, Fe-2%V, Fe-Ti	ФБХ 6-2, Fe-2%V
Смазочно-охлаждающая жидкость	5%-ный раствор эмульсола Э2 в воде	5%-ный раствор эмульсола Э2 в воде

Анализ результатов исследований распределения микротвердости по толщине наплавленного слоя показывает, что ее колебания по толщине являются небольшими и значения находятся в пределах 4,5...6,0 ГПа для покрытий из порошков Fe-2%V и Fe-Ti, для покрытия из порошка ФБХ 6-2 - в пределах 7,3...8,7 ГПа. Для покрытий, полученных наплавкой с использованием МС на ЭМ, колебания микротвердости по толщине более существенны и значения микротвердости находятся в пределах 4,5...7,0 ГПа для покрытий из порошков Fe-2%V, Fe-Ti, для покрытия из порошка ФБХ 6-2 – в пределах 7,0...9,1 ГПа. Это связано с тем, что в наплавленном слое присутствует разветвленная пористость. Максимальная твердость наблюдается у покрытий из порошка ФБХ 6-2, полученных наплавкой с использованием МС на ЭМ и ПМ, что обусловлено присутствием в структуре слоев закалочного мартенсита и комплексных боридов хрома.

2.2. Маршрут восстановления вторичного вала

Технологический процесс ремонта – это совокупность технологических операций, обеспечивающих восстановление работоспособного состояния детали.

Назначение операций и последовательность их выполнения при разработке технологического процесса восстановления изношенных поверхностей вторичного вала с применением способа электромагнитной наплавки требует тщательного соблюдения технологического цикла, параметров наплавления, подготовки поверхности детали, оборудования и материалов. Несоблюдение последовательности операций и их некачественное выполнение приводит к образованию брака.

Технологический маршрут восстановления изношенных поверхностей вторичного вала коробки переключения передач модели 14 автомобиля КамАЗ-5320 с применением электромагнитной наплавки представлен в таблице 2.2.

Таблица 2.2. Технологический маршрут восстановления вторичного вала

Опера-ция	Наименование и краткое содержание операции	Наименование оборудования	Средства технологического оснащения
005	Очистка Установить вал в корзину. Автоматическая мойка. Достать вал из корзины.	Моечная машина АМ 900 AV	Моющее и очищающее средство МС-6 ТУ 46-806-72
010	Дефектация Установить вал на призмы. Провести измерения и контроль годности вала.	Верстак.	Ультразвуковой дефектоскоп УЗД-7Н. Комплект измерительного инструмента.
015	Шлифовальная Установить вал, выверить, закрепить. Шлифовать шейки вала. Снять вал.	Станок для шлифовки	Круг шлифовальный. Микрометр. Стойка и индикатором.
020	Слесарная Установить защитные экраны на не наплавляемые поверхности. Подготовить порошок и газ. Обезжирить шейки вала.	Верстак. Шкаф сушильный.	Защитные экраны. Проволока вязальная. Сито 150-350 мкм. Уайт-спирит.
025	Электромагнитная наплавка. Установить вал, выверить, закрепить. Наплавить покрытие на шейки. Снять вал.	Установка электромагнитной наплавки.	Порошок для наплавки.
030	Контрольная Контролировать толщину покрытия.	Верстак.	Толщиномер СЕМ ДТ-156 480267.
035	Шлифовальная Установить вал, выверить, закрепить. Шлифовать шейки вала. Снять вал.	Станок для шлифовки	Круг шлифовальный. Микрометр. Стойка и индикатором.
040	Контрольная Контролировать толщину покрытия, шероховатость поверхностей, диаметры шеек, технические требования согласно ремонтного чертежа.	Верстак.	Толщиномер СЕМ ДТ-156 480267. Микрометр МК 75-100. Стойка индикаторная. Индикатор часового типа. Призмы. Центра.
045	Консервация Покрыть поверхность вала тонким слоем масла. Обернуть оберточной бумагой.	Верстак.	Масло промышленное 20. Кисть. Бумага оберточная.

Далее выполняется детальную проработку технологических операций [18-26].

005 операция – Очистка. На данной операции выполняется очистка и мойка вторичного вала от масляных и других загрязнений образовавшихся на поверхностях вала в процессе эксплуатации КПП. Мойка проводится в моечной машине АМ 900 АV производства «Моторные технологии» Россия. Автоматическая промывочная установка АМ 900 АV представляет собой моечную камеру с замкнутым контуром. Температура и продолжительность цикла обработки задается на панели управления. Вращение корзины обеспечивает необходимое позиционирование деталей перед коллекторами. П-образная форма рампы позволяет промывать изделия сверху, снизу и сбоку в течение заданного времени. Для наполнения бака используется обычная водопроводная вода. Корзина с деталями вращается равномерно с частотой 5-10 об/мин. Это обеспечивает высокое качество очистки, за счет равномерной подачи моющего раствора по всей поверхности деталей. Технические характеристики моечной машины АМ 900 АV представлены в таблице 2.8.

Таблица 2. 3 – Технические характеристики моечной машины АМ 900 АV

Параметр	Характеристика
Диаметр корзины,	900 мм
Высота рабочего пространства	500 мм
Грузоподъемность корзины	150 кг
Объем бака моющего раствора	80 л
Максимальная температура раствора	90 °С
Мощность насоса	0,6 кВт
Производительность насоса	60 л/мин
Давление насоса,	2-3 бар
Мощность нагревательных элементов,	3,15 кВт
Вес	100 кг

Для выполнения данной операции в соответствии с рекомендациями [32] выбираем моющее и очищающее средство МС-6 ТУ 46-806-72 для

очистки и обезжиривания металлических поверхностей. Режимы моечной операции представлены в таблице 2.3.

Таблица 2.4 – Режимы моечной операции

Параметры процесса	Значение
Частота вращения корзины, об/мин	10
Температура моечного раствора, °С	60
Время мойки, мин	25

010 операция – Дефектация. При выполнении данной операции производится контроль годности валов и сортировка их на три группы: годные без ремонта, требующие ремонта и негодные, подлежащие сдаче в металлолом. Валы годные без ремонта поступают на места складирования годных деталей. Негодные валы сдаются в металлолом. Вторичные валы, требующие ремонта, поступают на участок ремонта. При износе шеек под подшипники критерием, является допустимый диаметр шеек: $\varnothing 39,998$ мм; $\varnothing 80,957$ мм; $\varnothing 59,985$ мм при износе свыше указанных диаметров валы отправляются на восстановление.

В данной ВКР для проведения дальнейших расчётов и разработки технологии восстановления изношенных поверхностей шеек принимается, диаметр шеек под подшипники: $\varnothing 39,998$ мм; $\varnothing 80,957$ мм; $\varnothing 59,985$ мм.

При дефектации выявляют:

- износы рабочих поверхностей деталей в виде изменений размеров и геометрических форм деталей, наличие царапин, рисок;
- остаточные деформации деталей в виде изгиба, скручивания, коробления;
- трещины, обломы, пробойны, выкрашивания;
- изменения физико-механических свойств поверхностного слоя или детали в целом в результате действия высоких температур.

Дефекты выявляют следующими способами:

1. Внешним осмотром;

2. С помощью инструментов, приборов, стендов.

Внешний осмотр позволяет выявить значительную часть дефектов: пробоины, изломы, вмятины, значительные изгибы и скручивания, сорванные резьбы, явные трещины, коррозию и др.

Скрытые дефекты (мелкие трещины, раковины) выявляют физическими методами контроля, например ультразвуковым методом.

Ультразвуковой метод контроля основан, на свойстве ультразвуковых волн отражаться от границы двух сред. Импульс, отраженный от дефектной полости, регистрируется на экране установки, показывая место дефекта и его размеры. Для выявления скрытых дефектов в данной выпускной квалификационной работе используется ультразвуковой дефектоскоп (УЗД-7Н).

Таблица 2.5 – Технические характеристики станка 3А161

Наименование параметра	Характеристика
Класс точности	В/А
Наибольший диаметр вращения устанавливаемого изделия, мм	580
Наибольшая длина устанавливаемого изделия в центрах, мм	1600
Наибольшая длина устанавливаемого изделия в патронах, мм	1450
Высота центров, мм	300
Наибольшая длина шлифования, мм	1600
Наибольшая масса обрабатываемого изделия, кг	160
Наибольшее перемещение шлифовальной бабки, мм	175
Диаметр шлифовального круга - наименьший/ наибольший, мм	750/ 900
Диаметр шлифовального круга - посадочный, мм	305
Наибольшая высота устанавливаемого круга, мм	63
Частота вращения шпинделя шлифовальной бабки, об/мин	740
Окружная скорость шлифовального круга, м/с	35
Точность обработки - конусность, мкм	2,5
Точность обработки - овальность, мкм	2,5
Частота вращения изделия (при частоте тока 50 Гц), об/мин	30; 60; 85; 174
Количество скоростей вращения изделия	4
Количество электродвигателей на станке	7
Электродвигатель шпинделя шлифовальной бабки М1, кВт	11,0
Суммарная мощность электродвигателей, кВт	14,63
Габаритные размеры станка (длина х ширина х высота), мм	5600 х 2600 х 1900
Масса станка с электрооборудованием и охлаждением, кг	7500

015 операция – Шлифовальная. Выполняется на станке для шлифования 3А161. В таблице 2.5 представлены технические характеристики станка.

Предварительной механической обработке подвергаются бывшие в эксплуатации детали, подлежащие восстановлению. Для этого применяют грубую обдирку, удаляя раковины, трещины, поры. Для придания правильной геометрической формы изношенным участкам [21].

Расчёт режимов резания выполняется по рекомендациям [22, 34].
Проведём расчет режимов для обработки шейки $\varnothing 40_{-0,1}$ мм.

а) Припуск на сторону: $h = 0,25$ мм.

б) Скорость шлифовального круга. Рекомендуемая скорость круга $V_k = 30-35$ м/с, принимаем $V_k = 30$ м/с.

в) Окружная скорость заготовки: $V_3 = 30$ м/мин.

г) Глубина шлифования: $t = 0,25$ мм.

д) Продольная подача, мм/об, определяется по формуле.

$$S = (0,4 \dots 0,7) \cdot B,$$

где B – толщина круга, мм.

$$S = 0,5 \cdot 30 = 15 \text{ мм/об.}$$

ж) Определяем число оборотов заготовки по формуле:

$$n = \frac{1000 \cdot 30}{3,14 \cdot 94} = 101,6 \text{ об/мин.}$$

Корректируем частоту вращения в соответствии с паспортными данными станка: $n_{ст} = 100$ об/мин.

и) Находим действительную скорость резания по формуле:

$$V_d = \frac{3,14 \cdot 94 \cdot 100}{1000} = 30 \text{ м/мин.}$$

к) Мощность, затрачиваемая на резание, кВт, определяется по формуле.

$$N = C_N \cdot V_3^r \cdot t^x \cdot S^y \cdot d$$

где $C_N = 1,3$; $r = 0,75$; $x = 0,85$; $y = 0,7$ – коэффициент и показатели степени.

$$N = 1,3 \cdot 21^{0,75} \cdot 0,02^{0,85} \cdot 15^{0,7} \cdot 94 = 2,85 \text{ кВт.}$$

л) Найдем мощность привода станка по формуле:

$$N_{\text{штп}} = 11,0 \cdot 0,85 = 9,35 \text{ кВт.}$$

$$2,85 < 9,35.$$

м) Основное время, мин, определяется по формуле.

$$T_o = \frac{(l_o + B + l_{\text{пер}}) \cdot h \cdot k_T}{S \cdot n \cdot t}$$

где l_o – длина обрабатываемой части детали, 36,2 мм;

$k_T = 1,2 - 1,5$ – коэффициент точности, принимаем $k_T = 1,3$.

$$T_o = \frac{(67 + 30 + 6) \cdot 0,25 \cdot 1,3}{15 \cdot 100 \cdot 0,025} = 0,9 \text{ мин.}$$

Основное время для четырёх шатунных шеек составит:

$$T_o = 3,6 \text{ мин.}$$

Расчёт режимов резания для обработки шейки $\varnothing 80_{-0,1}$ мм и $\varnothing 60_{-0,1}$.
Выполняется аналогично представленным выше расчётам, результаты расчетов сведём в таблицу 2.6.

Таблица 2.6 – Режимы резания при обработке одной шейки

Содержание перехода	t, мм	S, мм/мин	n, об/мин	V, м/мин	T _о , мин
Шлифование шейки $\varnothing 80_{-0,1}$ мм	0,25	15	100	30	1,1
Шлифование шейки $\varnothing 60_{-0,1}$ мм	0,25	15	100	30	0,9

Суммарное основное время на шлифование всех вторичного вала составляет $T_o = 9,1$ мин.

020 операция – Слесарная. На данной операции осуществляется установка защитных металлических экранов на не наплавляемые поверхности с целью защиты их от воздействия наплавляемой среды. Подготовка порошка и газов. Порошок просеивается через сито с размерами ячеек соответствующих размерам требуемых гранул от 15 до 50 мкм. Просушивание производится противнях при температуре 150-200°C

продолжительностью 2-3 часа. Во время просушивания рекомендуется производить перемешивание.

Подготовка газов перед наплавлением включает их проверку на соответствие состава ГОСТам. ГОСТ 457-75 Ацетилен растворённый и газообразный технический. ГОСТ 5583-78 Кислород газообразный технический.

030 операция – Контрольная. Контролировать диаметры шеек и номинальные значения, которых должны быть не более $80^{+0,1}$ мм и $60^{+0,1}$ мм $40^{+0,1}$ мм соответственно. При контроле размеров не допускается прикасаться к обработанным шейкам. Выполнить повторное обезжиривание поверхностей шеек поливом.

035 операция – Электромагнитная наплавка. Вал установить во вращатель установки для наплавки, закрепить. Вал устанавливается на расстоянии 1,5...2,0 мм от полюсного наконечника электромагнита. В зазор между полюсным наконечником и обрабатываемой поверхностью заготовки детали подают ферромагнитный порошок в потоке рабочей жидкости. На полюсный наконечник и обрабатываемую поверхность детали подается разность потенциалов от источника тока. Частицы порошка выстраиваются вдоль магнитных силовых линий в цепочку и замыкают электрическую цепь между заготовкой и наконечником. При этом в рабочей зоне поверхность детали – полюсный наконечник в результате воздействия импульсов электрических разрядов происходит расплавление зерен порошка, полярный перенос материала и его распределение по подплавленной поверхности заготовки в магнитном поле.

Толщина слоя нанесенного порошка выбирается с учётом износа и припуска на последующую механическую обработку:

$$\delta_n = \delta_{из} + \delta_o, \quad (2.1)$$

где, $\delta_{из}$ – величина износа, мм;

δ_o – величина припуска на последующую механическую обработку,

мм.

При износе шеек под подшипники критерием, является допустимый диаметр шеек: $\varnothing 39,998$ мм; $\varnothing 79,957$ мм; $\varnothing 59,985$ мм при износе свыше указанных диаметров валы отправляются на восстановление.

В дипломном проекте рассматривается самый худший вариант, т.е. ниже допусков последнего ремонтного размера, поэтому для расчетов технологического времени восстановления вторичного вала применяются диаметры изношенных шеек под подшипники 39,5 мм 79,5 мм 59,5 мм. После чего данные шейки шлифуются до диаметров 39,0 мм и 79,0 мм 59,0 мм. Соответственно $\delta_{из}$ составляет 0,5 мм.

Величина припуска на последующую механическую обработку составляет $\delta_0 = 0,5$ мм

Соответственно, толщина наплавленного слоя:

$$\delta_H = 0,5 + 0,5 = 1 \text{ мм.}$$

Произвести наплавление покрытия на шейки вторичного вала толщиной 1 мм.

Количество проходов (оборотов шейки) определяется по формуле [21]:

$$X = \frac{P_H - P_\phi + 2Z}{h}, \quad (2.1)$$

где, P_H – номинальный размер коленчатого вала, мм,

P_ϕ – фактический размер, мм,

h – высота напыляемого слоя за один оборот вала, мм, $h = 0,020$ мм

Z – припуск на шлифование, мм,

Припуск на шлифование должен быть оптимальным, это связано с тем, что наплаваемый слой прочный и износостойкий, шлифовать его сложно. Дипломным проектом принимается припуск на шлифование $z = 0,5$ мм.

Количество проходов (оборотов):

Для шейки:

$$P_H = 80,0 \text{ мм},$$

$$P_\phi = 80,0 \text{ мм},$$

$$X = \frac{91 - 89 + 2 \cdot 0,05}{0,020} = 105$$

Принимаю 105 проходов.

Для шейки:

$$P_H = 60,0 \text{ мм},$$

$$P_\phi = 79,0 \text{ мм},$$

$$X = \frac{80 - 79 + 2 \cdot 0,05}{0,020} = 105$$

Принимаю 105 проходов.

045 операция – Контрольная. Контролировать покрытие визуально на наличие дефектов, контролировать толщину толщиномером СЕМ ДТ-156 480267.

050 операция – Шлифовальная. Выполняется на станке для шлифования 3А161. На данной операции выполняется шлифование вторичного вала с обеспечением номинальных размеров соответственно и технических требований согласно ремонтного чертежа.

Расчёт режимов резания выполняется по рекомендациям [26]. Данные расчетов сведены в таблицу 2.7

Таблица 2.7 – Режимы резания при обработке одной шейки

Содержание перехода	t, мм	S, мм/мин	n, об/мин	V, м/мин	T _о , мин
Шлифование шейки Ø80. 0,013 мм	0,5	15	100	30	1,8
Шлифование шейки Ø60. 0,015 мм	0,5	15	100	30	1,2
Шлифование шейки Ø40. 0,015 мм	0,5	15	100	30	0,8

Суммарное основное время на шлифование всех шеек вторичного вала составляет $T_0 = 3,8$ мин.

060 операция – Контрольная. Выполнить контроль толщины покрытия, шероховатости поверхностей шеек, отклонений и допусков в соответствии с требованиями ремонтного чертежа. Покрытие должно быть сплошным, однородного цвета, без частиц нерасплавленного металла, без трещин, отслоений (вздутий). Шероховатость покрытия не более 80-100 мкм. Покрытие должно быть прочно сцеплено с основным металлом и не отслаиваться при испытании методом нанесения сетки царапин. Контроль пористости покрытий, прочности сцепления проводят по ГОСТ 9.304-87.

065 операция – Консервация. Консервация производится с целью предохранения от коррозии внутренних и наружных поверхностей вторичного вала в процессе хранения путем нанесения на эти поверхности защитной пленки ингибитора коррозии. Для консервации применяется масло индустриальное 20 ГОСТ 20799-75.

2.3 Нормирование технологического процесса

Нормирование технологического процесса производится на основе рассчитанных режимов и согласно норм времени на виды работ.

Основное время и вспомогательное время определяется согласно нормативов норм времени [22, 33] на выполняемые виды работ, а так же в зависимости от рекомендуемой продолжительности основного времени на некоторых операциях технологического процесса.

I. Определение времени необходимого для наплавления:

$$t = \frac{b \cdot \pi \cdot D}{v} \cdot n_{пр},$$

где, b – ширина шейки вала, мм,

D – диаметр обрабатываемой шейки вала, мм;

$n_{пр}$ – количество проходов (оборотов);

v – скорость наплавления, мм/мин,

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \text{ м/мин,}$$

где: D – диаметр шейки, мм;

n – частота вращения шпинделя установки, $n = 100$ об/мин;

для шейки:

$$V = \frac{\pi \cdot 80 \cdot 100}{1000} = 25 \text{ м / мин}$$

для шейки:

$$V = \frac{\pi \cdot 95 \cdot 100}{1000} = 30 \text{ м / мин}$$

а) Напыление шейки:

$$D = 80 \text{ мм,}$$

$$b = 67 \text{ мм,}$$

$$t_{ш} = \frac{D \cdot \pi \cdot b}{V} \cdot X = \frac{80 \cdot 3.14 \cdot 67}{25 \cdot 10^3} = 1,7 \text{ мин}$$

г) шейка:

$$D = 60 \text{ мм,}$$

$$b = 36,2 \text{ мм,}$$

$$t_{ш} = \frac{D \cdot \pi \cdot b}{V} \cdot X = \frac{95 \cdot 3.14 \cdot 36,2}{30 \cdot 10^3} = 1,1 \text{ мин}$$

д) Время необходимое для наплавления:

$$T_0 = t_{ш} \cdot 4 + t_{к} \cdot 3 + t_{1.к} + t_{5.к}.$$

$$T_0 = (1,7 \times 4) + (1,1 \times 5) = 12,3 \text{ мин}$$

е) Вспомогательное время наплавки:

$$T_B = t_0 + t_1 + t_2 + t_4 + t_5 + t_6 + t_7 + t_8$$

где, t_0 - время на установку и снятие детали, мин,

$$t_0 = 3,6 \text{ мин,}$$

t_1 – время на установку и снятие детали, мин, $t_1 = 0,35$ мин (таб. 32

[24]),

t_2 – время, связанное с переходом, мин, $t_2=0,27$ мин,

t_4 – время на заглушку отверстий, мин, $t_4=6,5$ мин,

t_5 – время на нагрев детали, мин, $t_5=4$ мин,

t_6 – время на подвод шейки, мин, $t_8=0,6$ мин.

$$T_B = 3,6 + 0,35 + 0,27 + 6,5 + 4 + (4 \cdot 0,6) = 17,12 \text{ мин}$$

Результаты нормирования приведены в таблице 2.8.

Таблица 2.8 – Результаты нормирования

Наименование операции	T_O , мин	T_B , мин	$T_{шт}$, мин
005 Очистка	25	2	27
010 Дефектация	6	2	8
015 Шлифовальная	6	5,5	11,5
020 Слесарная	12	2	14
025 Электромагнитная наплавка	12	5	17
030 Контрольная	1,8	2	3,8
035 Шлифовальная	12,3	17,1	22,85
040 Контрольная	3,6	2	5,6
045 Консервация	0,8	1,1	1,9
ИТОГО	111,3 мин		

Штучное время, затрачиваемое на восстановление изношенных поверхностей шеек коленчатого вала составляет $T_{шт} = 111,3$ мин.

2.4 Определение трудоемкости

Годовой объем работы (годовая трудоемкость) определяется по формуле:

$$T_{ГАРЗ} = t \cdot N_r, \quad (2.21)$$

где, t – трудоемкость ремонтных работ, чел·ч;

N_r – годовая производственная программа, шт.

Для вторичного вала двигателя КамАЗ-740 годовая $t = 42,4$ чел·ч.

Годовая производственная программа $N_r = 5000$ шт/год.

Исходя из приведенных данных, определяем величину годового объема работ:

$$T_{\text{ГАРЗ}} = 42,4 \cdot 5000 = 212000 \text{ чел.} \cdot \text{ч.}$$

Годовой объем работы (годовая трудоемкость) участка восстановления основных и базовых деталей определяется в процентном отношении от годового объема работ.

По данным трудоемкость участка восстановления основных и базовых деталей при капитальном ремонте полнокомплектного грузового автомобиля составляет 11 %.

$$T_{\text{Г у проц}} = 212000 \cdot \frac{11}{100} = 23320 \text{ чел.} \cdot \text{ч.}$$

Для учета работ по самообслуживанию производства необходимо увеличить этот полученное значение на 10 %

$$\sum T_{\text{Г АРЗ}} = 23320 + 10\% = 25652 \text{ чел.} \cdot \text{ч.}$$

Таким образом, годовой объем работ проектируемого участка составляет:

Годовой объем механических работ распределяется по видам обработки с учетом их процентного соотношения, принятого в практике проектирования. Сводная годового объема работ по видам обработки приведена в таблице 2.9.

Таблица 2.9 – Годовая трудоемкость по видам работ участка

Наименование работ	Годовой объем работ, в процентах от общего объема	Годовой объем работ $T_{\text{Г}}$, чел.-ч
Работы по первичному валу:		
Токарные	30	7695,6
Сверлильные	10	2565,2
Слесарные	5	1282,6
Прессовые	5	1282,6
Накатное полирование и упрочняющее накатывание	30	7695,6
Фрезерные	20	5130,4
Всего	100	25652

2.5 Расчет состава рабочих на участке

Технологически необходимое число рабочих, т.е. число фактически являющихся на работу определяется по формуле

$$P_{\Gamma} = \frac{T_{\Gamma}}{\Phi_{\text{нр}} \cdot K_{\text{пп}}}, \quad (2.22)$$

где, T_{Γ} – годовой объем работ, чел·ч;

$\Phi_{\text{нр}}$ – номинальный годовой фонд времени рабочих, ч;

$K_{\text{пп}}$ – коэффициент повышения производительности труда; принимается равным 1,20.

Штатное число рабочих, т.е. число фактически являющихся на работу и отсутствующих по уважительным причинам определяется по формуле

$$P_{\text{ш}} = \frac{T_{\Gamma}}{\Phi_{\text{др}} \cdot K_{\text{пп}}}, \quad (2.23)$$

где, $\Phi_{\text{др}}$ – действительный годовой фонд времени рабочих, ч.

Принимая во внимание значения $\Phi_{\text{нр}} = 2070$ ч и $\Phi_{\text{др}} = 1860$ ч. определим общее число производственных работников.

Количество токарей по ремонту вторичных валов

$$P_{\Gamma} = \frac{7695,6}{2070 \cdot 1,2} = 3 \text{ чел.},$$

$$P_{\text{ш}} = \frac{7695,6}{1860 \cdot 1,2} = 4 \text{ чел.}$$

Принимаем четыре токаря по ремонту вторичных валов.

Количество операторов по электромагнитной наплавке вторичных валов

$$P_{\Gamma} = \frac{7695,6}{2070 \cdot 1,2} = 3 \text{ чел.},$$

$$P_{\text{ш}} = \frac{7695,6}{1860 \cdot 1,2} = 4 \text{ чел.}$$

Принимаем четыре оператора по электромагнитной наплавке вторичных валов.

Количество слесарей по ремонту вторичных валов принимаем из учёта слесарных работ

$$P_{\text{т}} = \frac{3847,8}{2070 \cdot 1,2} = 2 \text{ чел.},$$

$$P_{\text{ш}} = \frac{3847,8}{1860 \cdot 1,2} = 2 \text{ чел.}$$

Принимаем два слесаря по ремонту вторичных валов.

Итого производственных рабочих $P_{\text{ш}} = 13$ чел.

Число вспомогательных рабочих $P_{\text{всп}}$ определяется в процентах от списочного числа производственных рабочих по формуле:

$$P_{\text{всп}} = \Pi_{\text{всп}} \cdot P_{\text{ш}}, \quad (2.24)$$

где, $\Pi_{\text{всп}} = 0,15-0,35$

$$P_{\text{всп}} = 0,15 \cdot 13 = 2 \text{ чел.}$$

Принимаем двух вспомогательных рабочих.

Число инженерно-технических работников $P_{\text{ИТР}}$ определяется в процентах от списочного числа производственных и вспомогательных рабочих по формуле

$$P_{\text{ИТР}} = \Pi_{\text{ИТР}} \cdot (P_{\text{ш}} + P_{\text{всп}}), \quad (2.25)$$

где, $\Pi_{\text{ИТР}} = 0,10-0,15$.

$$P_{\text{ИТР}} = 0,15 \cdot (13 + 2) = 3 \text{ чел.}$$

Принимаем трёх инженерно-технических работников.

Число младшего обслуживающего персонала $P_{\text{МОП}}$ определяется в процентах от списочного числа производственных и вспомогательных рабочих по формуле

$$P_{\text{МОП}} = \Pi_{\text{МОП}} \cdot (P_{\text{ш}} + P_{\text{всп}}), \quad (2.26)$$

где, $\Pi_{\text{МОП}} = 0,02$.

$$P_{\text{МОП}} = 0,02 \cdot (13 + 2) = 1 \text{ чел.}$$

Принимаем одного человека.

Число служащих $P_{\text{слж}}$ определяется в процентах от списочного числа производственных и вспомогательных рабочих по формуле

$$P_{\text{слж}} = \Pi_{\text{слж}} \cdot (P_{\text{ш}} + P_{\text{всп}}), \quad (2.27)$$

где, $\Pi_{\text{слж}} = 0,02$.

$$P_{\text{слж}} = 0,02 \cdot (13 + 2) = 1 \text{ чел.}$$

Принимаем одного служащего.

Результаты расчета состава работающих приведены в таблице 2.4.

Таблица 2.10 – Штатное расписание участка по ремонту КПП

Наименование профессии	Количество человек
Начальник участка	1
Мастер	2
Фрезеровщиков по ремонту вторичных валов	2
Оператора по электромагнитной наплавке	4
Операторов прессовых станков	1
Слесарей	2
Токарей по ремонту вторичных валов	4
Вспомогательный рабочий	2
Младший обслуживающий персонал	1
Служащие	1
Итого	20

2.6 Расчет количества станков

Число станков по каждому виду работ определяем по формуле

$$X_o = \frac{T_r}{\Phi_{\text{до}} \cdot y}, \quad (2.28)$$

где, $\Phi_{\text{до}}$ – действительный годовой фонд времени оборудования, ч;

y – количество смен.

Токарных станков

$$X_o = \frac{7695,6}{2070 \cdot 2} = 2 \text{ шт.}$$

Принимаем два токарных станка.

Станков по электромагнитной наплавке

$$X_o = \frac{7695,6}{2070 \cdot 2} = 2 \text{ шт.}$$

Принимаем два станка.

Количество верстаков определяем исходя из слесарных работ

$$X_o = \frac{1282,6}{2070 \cdot 2} = 1 \text{ шт.}$$

Принимаем один верстак.

2.7 Расчет производственных площадей

Площадь производственного участка предварительно рассчитывается по суммарной площади $F_{об}$, занимаемой технологическим оборудованием, производственным инвентарем, и коэффициенту плотности расстановки оборудования $K_{п}$, учитывающему рабочие места перед оборудованием, проходы, проезды, нормы расстояний между оборудованием и элементами зданий.

Суммарная площадь, занимаемую технологическим оборудованием и производственным инвентарем определяется по формуле

$$F_{об} = \sum_i^m n_i \cdot F_i, \quad (2.29)$$

где, F_i – площадь i -го оборудования, m^2

m – общее количество оборудования, шт;

n – количество i -го оборудования, шт.

$$F_{об} = 2 \cdot 3,35 + 2 \cdot 3,27 + 2 \cdot 3,35 + 1,4 + 1,12 + 0,53 = 21,6 \text{ м}^2.$$

Площадь производственного участка определяется по формуле

$$F_y = F_{об} \cdot K_{п}, \quad (2.30)$$

Для участка по ремонту КПП $K_{п} = 4,5$.

3.1 Расчет стоимости основных фондов

Целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является расчёт себестоимости восстановления вторичного вала КПП модели 14.

В объём капитальных вложений входит [38]:

- определение стоимости основных производственных фондов на участке;
- разработку сметы затрат по участку;
- расчет объема дополнительных капитальных вложений;
- определение экономии эксплуатационных затрат участка;
- расчет срока окупаемости капитальных вложений.

3.1.1 Расчет стоимости зданий

Стоимость помещения, $C_{у\text{ч}}$, руб, определяется по формуле

$$C_{у\text{ч}} = C_1 \cdot V_{у\text{ч}}, \quad (3.1)$$

где, C_1 – стоимость 1 м³ здания, руб., $C_1 = 22000$ руб;

$V_{у\text{ч}}$ – объем помещения, занимаемого участком, м³.

Объем помещения определяется по формуле

$$V_{у\text{ч}} = 1,1 \cdot S_{вн} \cdot h, \quad (3.2)$$

где, $S_{вн}$ – площадь участка по внутреннему периметру, м²;

h – высота здания, м;

1,1 – коэффициент, учитывающий площадь участка по наружному периметру.

$$V_{у\text{ч}} = 1,1 \cdot 97,2 \cdot 6 = 641,52 \text{ м}^3,$$

Стоимость производственных помещений составит

$$C_{\text{уч}} = 22000 \cdot 641,52 = 14113440 \text{ руб.}$$

Стоимость служебных и бытовых помещений ($C_{\text{сл}}$) принимаем в размере 10-15% от стоимости производственных зданий:

$$C_{\text{сл}} = 0,1 \cdot 14113440 = 1411344 \text{ руб.}$$

$$\sum C_{\text{уч}} = C_{\text{уч}} + C_{\text{сл}}, \quad (3.3)$$

$$\sum C_{\text{уч}} = 14113440 + 1411344 = 15524784 \text{ руб.}$$

3.1.2 Расчет стоимости машин и оборудования

Стоимость технологического оборудования ($K_{\text{то}}$) представляет собой сумму произведения количества оборудования и его цены по всем операциям технологического процесса.

Стоимость оборудования взята из открытых источников сети интернет на 09.04.2020 года. Расчет сводим в таблицу 3.1.

Таблица 3.1 – Стоимость технического оборудования

№ операции	Модель оборудования	C_i , руб.	Q_i , шт.	$K_{\text{то}i}$, руб.
005	Моечная машина АМ 900 AV	85000	1	85000
015, 050	Станок для шлифования 3A161	2470000	1	2470000
020	Шкаф сушильный	85000	1	85000
025	Абразивно-пневматическая установка	150000	1	150000
035	Детонационная установка	870000	1	870000
040	Печь для отпуска металлов	140000	1	140000
Всего				3 800 000

3.1.3 Стоимость вспомогательного оборудования

К вспомогательному оборудованию относятся машины и оборудование (компрессоры, двигатели, прессы, вычислительная техника, лабораторное оборудование, транспортные средства и т.д.), неучтенное в

стоимости основного технологического оборудования п.3.1.1, но принимающее непосредственное участие в технологическом процессе.

Стоимость вспомогательного оборудования ($K_{во}$) определим приближенно – 30% от стоимости технологического оборудования:

$$K_{во} = K_{то} \cdot 0,30, \quad (3.2)$$

где, $K_{во}$ – стоимость вспомогательного оборудования, руб.;

$K_{то}$ – стоимость технологического оборудования, руб.

$$K_{во} = 3800000 \cdot 0,30 = 1140000 \text{ руб.}$$

3.2 Расчёт заработной платы производственных работников

3.2.1 Расчет численности рабочих

Расчет численности рабочих произведен во втором разделе (таблица 2.4).

Таблица 3.2 – Распределение рабочих по разрядам

Рабочие	Кол-во	Разряд
Слесарь	2	3
Фрезеровщик	2	6
Токарь	4	6
Оператор прессы	1	4
Оператор станка упрочняющего накатывания	4	6
Итого	13	5,38

3.2.2 Расчет численности подсобно-вспомогательных рабочих

Численность подсобно-вспомогательных рабочих принимается от 15 до 35% от численности ремонтных рабочих. Принимается 2 дежурных слесаря 4 разряда.

3.2.3 Расчет численности руководителей

Расчет численности руководителей ведется исходя из 10-15% на суммарную численность ремонтных и подсобно-вспомогательных рабочих. Принимается начальник участка и два мастера.

3.2.4 Расчет численности служащих

Расчет численности служащих ведется исходя из 2-5% на суммарную численность ремонтных и подсобно-вспомогательных рабочих. Расчет служащих был произведен во втором разделе, формула (2.27). Принимается один служащий 4 разряда.

3.3 Расчет фонда заработной платы

3.3.1 Расчет фонда заработной платы ремонтных рабочих

Фонд заработной платы ремонтных рабочих определяется по формуле

$$\text{ФЗП}_{\text{общ}} = (\text{ФЗП}_{\text{осн}} + \text{ФЗП}_{\text{доп}}) \cdot K_p, \quad (3.4)$$

где, $\text{ФЗП}_{\text{осн}}$ – основной фонд заработной платы, руб.;

$\text{ФЗП}_{\text{доп}}$ – дополнительный фонд заработной платы, руб.;

K_p – районный коэффициент к заработной плате, $K_p = 1,15$.

Основной фонд заработной платы определяется по формуле

$$\text{ФЗП}_{\text{осн}} = \text{ФЗП}_{\text{тар}} + D_{\text{об}} + P_p, \quad (3.5)$$

где, $D_{\text{об}}$ – сумма доплат и выплат, стимулирующего и компенсационного характера, руб.;

$\text{ФЗП}_{\text{тар}}$ – тарифный фонд заработной платы, руб.;

P_p – премия, руб.

Тарифный фонд заработной платы при повременно-премиальной системе оплаты труда определяется по формуле

$$\text{ФЗП}_{\text{тар}} = \Phi_{\text{год}} \cdot \bar{C}_{\text{час}} \cdot N_{\text{рем}}, \quad (3.6)$$

где, $\Phi_{\text{год}}$ – годовой фонд рабочего времени, час;

$\bar{C}_{\text{час}}$ – среднечасовая тарифная ставка, руб.;

$N_{\text{рем}}$ – численность производственных рабочих, чел.

Среднечасовая тарифная ставка определяется по формуле:

$$\bar{C}_{\text{час}} = C_M + (C_B - C_M) \cdot (P_{\text{ср}} - P_M), \quad (3.7)$$

где, C_M – часовая тарифная ставка меньшего разряда из двух смежных, руб.;

C_B – часовая тарифная ставка большего разряда из двух смежных, руб.;

$P_{\text{ср}}$ – средний разряд рабочих;

P_M – меньший разряд из двух смежных.

$$\bar{C}_{\text{час}} = 15,96 + (23,05 - 15,96) \cdot (5,38 - 3) = 32,83 \text{ руб.}$$

$$\PhiЗП_{\text{тар}} = 1860 \cdot 32,83 \cdot 13 = 793829,4 \text{ руб.}$$

Доплаты и выплаты стимулирующего и компенсационного характера могут быть рассчитаны по формуле

$$D_{\text{об}} = D_M + D_{\text{УСЛ}} + D_{\text{БР}} + D_{\text{НОЧ}} + D_{\text{ДР}} \quad (3.8)$$

где, D_M – доплаты за профессиональное мастерство, руб.;

$D_{\text{УСЛ}}$ – доплаты за отклонение от нормальных условий труда, руб.;

$D_{\text{БР}}$ – доплаты за руководство бригадой неосвобожденным бригадирам, руб.;

$D_{\text{НОЧ}}$ – доплаты за часы ночной работы, руб.;

$D_{\text{ДР}}$ – другие принятые доплаты, руб.

Доплаты за профессиональное мастерство определяются по формуле

$$D_M = \sum_1^n (P_{M_i} \cdot C_{\text{час } i} \cdot \Phi_{\text{ГОД}} \cdot N_{\text{РЕМ } i}) \quad (3.9)$$

где, P_{M_i} – процент доплат за профессиональное мастерство;

$C_{\text{час } i}$ – часовая тарифная ставка i -го разряда, час;

$N_{\text{РЕМ } i}$ – количество рабочих i -го разряда, чел.;

n – число разрядов, ед.

$$D_M = 0,16 \cdot 793829,4 = 127012,7 \text{ руб.}$$

Доплаты за отклонения от нормальных условий труда определяются по формуле:

$$D_{УСЛ} = \sum_1^2 (P_{УСЛ} \cdot \bar{C}_{ЧАС\ i} \cdot \Phi_{ГОД} \cdot N_{РЕМ\ i}), \quad (3.10)$$

где, $P_{УСЛ}$ – процент доплат за отклонения от нормальных условий труда. ($P_{УСЛ}$ - 4-12%).

$$D_{УСЛ} = 0,04 \cdot 793829,4 = 31753,17 \text{ руб.}$$

Доплаты за совмещение профессий

$$D_{СОВ} = \sum_1^2 (P_{СОВ} \cdot \bar{C}_{ЧАС\ i} \cdot \Phi_{ГОД} \cdot N_{РЕМ\ i}) \quad (3.11)$$

где, $P_{УСЛ}$ – процент доплат за совмещение профессий

$$D_{СОВ} = 0,2 \cdot 793829,4 = 158765,88 \text{ руб.}$$

Общая сумма доплат составит:

$$D_{ОБ} = 127012,7 + 31753,17 + 158765,8 = 317531,75 \text{ руб.}$$

Сумма премии определяется по формуле:

$$P_P = \Phi ЗП_{ТАР} \cdot P_{ПР} / 100 \quad (3.12)$$

где, $P_{ПР}$ – процент премии.

$$P_P = 793829,4 \cdot 0,65 = 515989,11 \text{ руб.}$$

Основной фонд заработной платы ремонтных рабочих составит:

$$\Phi ЗП_{ОСН} = 793829,4 + 317531,75 + 515989,11 = 1627350,2 \text{ руб.}$$

Дополнительный фонд заработной платы определяется по формуле:

$$\Phi ЗП_{ДОП} = \frac{\Phi ЗП_{ОСН} \cdot P_{ДОП}}{100}, \quad (3.13)$$

где, $P_{ДОП}$ – процент дополнительной заработной платы, %:

$$P_{ДОП} = \frac{D_{ОО} + D_{ДО} + D_{ГО} + D_{ВЛ}}{D_K - (D_V + D_{ПР} + D_{ОО} + D_{ДО} + D_{ГО} + D_{ВЛ})} \cdot 100, \quad (3.14)$$

где, D_K – календарное число дней в году;

D_B – количество выходных дней в году;

$D_{ПР}$ – количество праздничных дней в году, $D_{п}$ – 11 дней;

$D_{ОО}$ – количество дней отпуска, $D_{ОО}$ – 24 дня;

$D_{ДО}$ – количество дней дополнительного отпуска за вредные и тяжелые условия труда;

$D_{ГО}$ – количество дней выполнения государственных и общественных обязанностей;

$D_{ВЛ}$ – количество дней дополнительного отпуска за выслугу лет;

$$P_{ДОП} = \frac{24 + 6 + 2 + 2}{365 - (51 + 22 + 24 + 6 + 2 + 2)} \cdot 100 = 13,18 \%,$$

$$\PhiЗП_{ДОП} = \frac{1627350,2 \cdot 13,18}{100} = 214484,75 \text{ руб.}$$

Общий фонд заработной платы участка составит:

$$\PhiЗП_{общ} = (1627350,2 + 214484,75) \cdot 1,15 = 2118110,1 \text{ руб.}$$

3.3.2 Расчет фонда заработной платы подсобно-вспомогательных рабочих

Фонд заработной платы вспомогательных рабочих определяется по формуле:

$$\PhiЗП_{ОБЩ.ВСП} = \Phi_{ГОД} \cdot \bar{C}_{ЧАС} \cdot N_{ВСП} (1 + K_{ДОПЛ} + K_{ПР}) \cdot K_{ДОП} \cdot K_P \quad (3.15)$$

где, $\Phi_{ГОД}$ – годовой фонд рабочего времени вспомогательного рабочего, час;

$\bar{C}_{ЧАС}$ - среднечасовая тарифная ставка вспомогательного рабочего руб.;

$K_{ДОПЛ}$ – коэффициент, учитывающий доплаты и выплаты компенсационного и стимулирующего характера;

$K_{ПР}$ – коэффициент, учитывающий премии;

$K_{\text{ДОП}}$ – коэффициент, учитывающий дополнительный фонд заработной платы.

$$\Phi ЗП_{\text{ОБЩ.ВСП}} = 1860 \cdot 18,64 \cdot 2(1 + 0,2 + 0,4) \cdot 1,14 \cdot 1,15 = 145449,25 \text{ руб.}$$

3.3.3 Расчет фонда заработной платы руководителей, специалистов и служащих

Фонд заработной платы руководителей, специалистов и служащих определяется по формуле

$$\Phi ЗП_{\text{РУК}} = D_{\text{ОКЛ}} \cdot N_{\text{РУК}} \cdot 12 \cdot (1 + K_{\text{ПР}}) \cdot K_{\text{Р}} \quad (3.16)$$

где, $D_{\text{ОКЛ } i}$ – месячный оклад i -ой должности, руб.;

$N_{\text{РУК } i}$ – численность работников по i -ой должности, чел.;

$K_{\text{ПР}}$ – коэффициент, учитывающий премии.

Определим фонд заработной платы начальника:

$$\Phi ЗП_{\text{РУК}} = 9300 \cdot 1 \cdot 12 \cdot (1 + 0,5) \cdot 1,15 = 192510 \text{ руб.}$$

Определим фонд заработной платы мастера

$$\Phi ЗП_{\text{РУК}} = 8200 \cdot 2 \cdot 12 \cdot (1 + 0,5) \cdot 1,15 = 339480 \text{ руб.}$$

3.3.4 Расчет среднемесячной заработной платы по категориям работающих

Среднемесячная заработная плата i -ой категории работающих определяется по формуле

$$ЗП_{\text{ср.мес}} = \frac{\Phi ЗП_{\text{общ } i}}{N_i \cdot 12}, \quad (3.17)$$

где, $\Phi ЗП_{\text{общ } i}$ – общий фонд заработной платы i -ой категории работающих, руб.;

N_i – численность i -ой категории работающих, чел.

Среднемесячная заработная плата ремонтных рабочих составит:

$$ЗП_{\text{ср.мес}} = \frac{2118110,1}{12 \cdot 13} = 13577,63 \text{ руб.}$$

Результаты расчетов численности работающих, фонда заработной платы и среднемесячной заработной платы сводятся в таблицу 3.4.

Таблица 3.4 – Заработная плата

Наименование категорий работающих	Численность, чел.	Профессия, квалификация	Общий фонд заработной платы, руб.	Среднемесячная заработная плата, руб.
Производственные рабочие	2	фрезеровщик бр	2118110,1	13577,63
	2	слесарь 3р		
	4	токарь бр		
	1	прессовщик 4р		
	4	оператор бр		
Подсобно-вспомогательные работы	2	дежурный слесарь 4р	145449,25	6060,39
Руководители	1	Начальник	192510	16042,5
	2	Мастер	339480	14145
Всего	18	-	2795549,3	12942,36

3.4 Расчет сметы затрат участка

3.4.1 Отчисления на социальные нужды

Отчисления на социальные нужды рассчитываются по формуле

$$O_{\text{соц}} = \frac{26,5 \cdot \Phi ЗП_{\text{общ}}}{100}, \quad (3.18)$$

где, 26,5 % – размер отчислений на социальные нужды, включающий единый социальный налог (26%) и отчисления на обязательное страхование от несчастных случаев и профзаболеваний для предприятий данного класса профессионального риска (0,5 %).

$$O_{\text{соц}} = \frac{26,5 \cdot 2118110,1}{100} = 561299,17 \text{ руб.}$$

3.4.2 Затраты на содержание и эксплуатацию оборудования

Основная и дополнительная заработная плата вспомогательных рабочих.

Расчет произведен в табл. 7.4, $\Phi ЗП_{всп} = 145449,25$ руб.

$$O_{соц} = \frac{26,5 \cdot 145449,25}{100} = 38544,05 \text{ руб.}$$

Затраты на вспомогательные материалы определяются по формуле:

$$З_{всп.м} = \sum_1^i (H_{всп.м i} \cdot n_i), \quad (3.19)$$

где, $H_{всп.м i}$ – норматив затрат на вспомогательные материалы на единицу i – го вида оборудования, руб.;

n_i – количество единиц i – го вида оборудования, ед.

Норматив затрат на вспомогательные материалы ($H_{всп.м}$) принимается укрупнено в размере 850 руб. в год на единицу сложного оборудования (металлорежущие станки, прессы, сложные стенды, моющие машины и т.п.) и 250 руб. в год на единицу несложного оборудования, приборов, инвентаря.

$$З_{всп.м} = 850 \cdot 8 + 250 \cdot 1 = 7050 \text{ руб.}$$

Затраты на силовую электроэнергию определяется по формуле

$$З_{эл.сил} = \sum_1^i N_{уст} \cdot \Phi_{год.об} \cdot K_{загр} \cdot K_{сп} \cdot Ц_{ед} / K_{пот}, \quad (3.20)$$

где, $\sum_1^i N_{уст}$ - общая установленная мощность токоприёмников, кВт;

$\Phi_{год.об}$ – годовой фонд времени работы оборудования, час; ($\Phi_{год.об}$ принимается по данным технологического расчета);

$K_{загр}$ – коэффициент загрузки оборудования, по времени, ($K_{загр}$ – 0,6-0,75);

$K_{СП}$ – коэффициент спроса, учитывающий неодновременность работы потребителей ;

$\text{Ц}_{\text{ЕД}}$ – тариф 1кВт ·ч электроэнергии, руб.;

$K_{\text{ПОТ}}$ – коэффициент, учитывающий потери электроэнергии, ($K_{\text{ПОТ}} = 0,90$);

$$Z_{\text{ЭЛ.СИЛ}} = 167,7 \cdot 2070 \cdot 0,8 \cdot 0,6 \cdot 1,85 / 0,9 = 338425,67 \text{ руб.}$$

Расходы по этой статье, $Z_{\text{рем}}$, принимаем в размере 5% от балансовой стоимости оборудования

$$Z_{\text{рем}} = \frac{N_{\text{рем}} \cdot C_{\text{бал}}}{100}, \quad (3.21)$$

где, $N_{\text{рем}}$ – норматив затрат на ремонт оборудования, %.

$$Z_{\text{рем}} = \frac{5 \cdot 1271000}{100} = 63550 \text{ руб.}$$

Амортизация оборудования, инструмента, инвентаря, $A_{\text{об}}$, определяется по формуле

$$A_{\text{об}} = \frac{C_{\text{бал}} \cdot N_{\text{ai}}}{100}, \quad (3.22)$$

где, N_{ai} – норма амортизационных отчислений по i – му виду оборудования, инструмента, инвентаря, %.

Результаты расчета амортизации оборудования сводим в таблицу 3.5.

Таблица 3.5 – Амортизация оборудования

Наименование оборудования	Марка модель	Кол-во	Балансовая стоимость, руб.	Норма амортизации, %	Сумма амортизации, руб.
Универсальный токарно-винторезный станок	16К20	2	120000	12	14400
Пресс гидравлический для правки валов	CP150	1	60000	12	7200
Зубофрезерный станок модели	ЕЗ – 208	2	330000	12	39600
Верстак слесарный	-	1	6000	10	600

Наименование оборудования	Марка модель	Кол-во	Балансовая стоимость, руб.	Норма амортизации, %	Сумма амортизации, руб.
металлический 2-тумбовый					
Станок вертикально-сверлильный	2Т140	1	65000	12	7800
Универсальный токарно-винторезный станок модернизированный	16К20	2	120000	12	14400
Всего	-	9	1271000	-	152400

Результаты расчетов сводим в таблицу 3.6.

Таблица 3.6 – Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования, инструмента, инвентаря

Наименование статей	Сумма, руб.
1. Затраты на содержание оборудования и рабочих мест	529468,97
2. Затраты на текущий ремонт оборудования	63550
3. Амортизация оборудования	152400
Всего	745418,97

3.4.3 Общецеховые расходы

Основная и дополнительная заработная плата ИТР

Расчет произведен в разделе 7.4.1, таблица 7.4

$$\Phi ЗП_{итр} = 531990 \text{ руб.}$$

Отчисления на социальные нужды ИТР

$$O_{соц} = \frac{26,5 \cdot 531990}{100} = 140977,35 \text{ руб.}$$

Амортизация зданий и сооружений

Амортизация зданий и сооружений, $A_{зд}$, принимается в размере 2,5% от балансовой стоимости зданий и сооружений:

$$A_{зд} = \frac{H_{зд} \cdot C_{балЗд}}{100}, \quad (3.23)$$

$$A_{зд} = \frac{2,5 \cdot 15524784}{100} = 388119,6 \text{ руб.}$$

Текущий ремонт зданий и сооружений

Затраты по этой статье принимаются в размере 3,5% от балансовой стоимости зданий и сооружений:

$$З_{р.зд} = \frac{3,5 \cdot 15524784}{100} = 543367,44 \text{ руб.}$$

Содержание зданий и сооружений

Затраты по данной статье принимаем укрупнено в размере 5% от балансовой стоимости зданий и сооружений

$$З_{с.зд} = \frac{5 \cdot 15524784}{100} = 776239,2 \text{ руб.}$$

Испытания, опыты и рационализация

Затраты по этой статье принимаем в размере 1200 руб на 1 рабочего на участке

$$З_{исп} = 1200 \cdot 13 = 15600 \text{ руб.}$$

Затраты на охрану труда и технику безопасности

Расходы по данной статье принимаем в размере 1300 руб на 1 рабочего:

$$З_{от} = 1300 \cdot 13 = 16900 \text{ руб.}$$

Расходы на спецодежду принимаем в размере 1500 рублей на одного рабочего в год:

$$З_{од} = 1500 \cdot 13 = 19500 \text{ руб.}$$

Прочие общецеховые расходы

Затраты по данной статье принимаем в размере 5% от суммы затрат по статьям 7.5.4.1 - 7.5.4.8.

$$З_{пр} = 0,05 \cdot 2432693,5 = 121634,67 \text{ руб.}$$

Результаты расчета общецеховых расходов сводим в таблицу 3.7.

Таблица 3.7 – Общецеховые расходы

Наименование статей	Сумма, руб
1 Содержание общецехового персонала	531990
2 Отчисления на социальные нужды	140977,35
3 Амортизация зданий и сооружений	388119,6
4 Ремонт зданий и сооружений	543367,44
5 Содержание зданий и сооружений	776239,2
6 Испытания и опыты	15600
7 Охрана труда и техника безопасности	16900
8 Затраты на спецодежду	19500
9 Прочие расходы	121634,67
ВСЕГО	2554328,1

На основании произведенных выше расчетов составляем смету затрат участка в таблице 3.8.

Таблица 3.8 – Смета затрат участка

Наименование статей	Сумма, руб.
1 Основная и дополнительная заработная плата производственных рабочих	2795549,3
2 Отчисления на социальные нужды производственных рабочих	740820,56
3 Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования	345475,67
4 Общецеховые расходы	2554328,1
ВСЕГО	6436473,5

Таким образом, эксплуатационные затраты по участку составили $Z_{об} = 6436473,5$ руб.

3.5 Расчет себестоимости продукции

Себестоимость продукции $\mathcal{E}_{общ}$, руб., определяется по формуле

$$C_{пр} = \frac{Z_{об}}{N}, \quad (3.24)$$

$$C_{пр} = \frac{6436473,5}{5000} = 1287,3 \text{ руб.}$$

3.6 Расчет годового валового дохода

Расчет годового валового дохода, $ВД_{год}$, производится по формуле

$$ВД_{год} = C_{пр} \cdot (1 + П) \cdot N, \quad (3.25)$$

где, П – процент прибыли;

N – годовая программа, шт.

$$ВД_{год} = 1287,3 \cdot (1 + 30) \cdot 5000 = 8367450 \text{ руб.}$$

3.7 Срок окупаемости

Срок окупаемости $T_{ок}$, руб., определяется по формуле

$$T_{ок} = \frac{З_{об}}{ВД_{год}}. \quad (3.26)$$

$$T_{ок} = \frac{6436473,5}{8367450} = 0,77 \text{ года.}$$

3.8 Техничко-экономические показатели проекта

Основные технико-экономические показатели проекта приведены в таблице 3.9.

Таблица 3.9 – Техничко-экономические показатели

Наименование показателей	Численное значение
Годовая производственная программа, шт.	5000
Площадь участка, м ²	97,2
Количество единиц технологического оборудования, шт.	9
Численность рабочих, чел.	13
Балансовая стоимость машин и оборудования, руб.	1271000
Балансовая стоимость малоценного и быстроизнашивающегося оборудования, инструмента, инвентаря, руб.	25913
Общий фонд заработной платы, руб.	2795549,3
Среднемесячная заработная плата, руб.	12942,36
Амортизация оборудования, руб.	152400
Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования,	745418,97

Наименование показателей	Численное значение
инструмента, инвентаря, руб.	
Общехозяйственные расходы, руб.	2554328,1
Эксплуатационные затраты по участку, руб.	6436473,5
Себестоимость продукции, руб.	1287,3
Годовой валовой доход, руб.	8367450
Срок окупаемости, лет	0,77

3.9 Выводы

В результате анализа полученных технико-экономических показателей можно заключить следующее: разработанный в данной выпускной квалификационной работе технологический процесс восстановления изношенных деталей грузовых автомобилей имеет относительно высокие экономические показатели. Срок окупаемости проекта составит 0,77 лет.

4 Социальная ответственность

4.1 Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды

4.1.1 Описание рабочего места

Работы по восстановлению изношенных шеек под подшипники вторичных валов производят на специально спроектированном участке с применением специального оборудования, приспособлений и инструмента.

Участок оснащен всем необходимым технологическим оборудованием для выполнения работ по восстановлению:

- Моечная машина AM900 AV;
- Станок шлифовальный 3A161;
- Установка для напыления валов;
- Печь для отпуска металлов с выкатным поддоном;
- Шкаф сушильный;
- Кран передвижной гидравлический консольный;
- Верстаки и стеллажи.

Для снижения шума на участке, возникающего в процессе работы детонационной установки она размещается в специальной закрытой шумоизоляционной камере.

Все рабочие участка должны пройти инструкцию по работе со станками. Шлифовальные станки должны быть оборудованы стеклянными щитками, на позволяющие выброс частиц металла с места обработки в рабочих, так же должны обладать надежными приспособлениями фиксации детали. При работе на шлифовальном станке необходимо следить за состоянием спецодежды. Не допускается работа в спецодежде имеющей висячих поясов, манжет и т.д.

На стенде электромагнитной наплавки необходимо использовать средства индивидуальной защиты. Работа должна осуществляться в специальной маске и рукавицах в связи с высокой температурой, которая вырабатывается при наплавлении.

При работе на участке восстановления вторичных валов электромагнитной наплавкой согласно ГОСТ 12.0.003-74, будут следующие вредные и опасные производственные факторы из группы физически опасных и вредных производственных факторов: вращающиеся механизмы (наличие движущихся частей привода сжатия или подачи деталей), физические перегрузки, связанные с постоянной работой на ногах; нервно-психические перегрузки связанные с перенапряжением анализаторов (постоянно визуальный контроль дефектов, разборки и сборки) [6].

Вредные факторы – производственные факторы, воздействие которых может привести к ухудшению состояния здоровья, к профессиональному заболеванию [1, 2].

Реальные производственные условия характеризуются наличием некоторых вредных и опасных производственных факторов.

На участке имеются следующие вредные и опасные факторы:

а) механические факторы, характеризующиеся воздействием на человека кинетической, потенциальной энергий и механическим вращением. К ним относятся кинетическая энергия движущихся и вращающихся тел, шум, вибрация.

б) термические факторы, характеризующиеся тепловой энергией и аномальной температурой. К ним относятся температура нагретых предметов и поверхностей.

в) электрические факторы, характеризующиеся наличием токоведущих частей оборудования.

1. Шум – неблагоприятно влияет на человека. Представляет собой беспорядочное сочетание звуков различной интенсивности и частоты. На данном участке источником шума является работа моечной машины,

струйно-абразивной установки, шлифовального станка, установки напыления. Интенсивность шума колеблется в пределах 80 – 100 дБ, что является неблагоприятно для работы.

Предельно-допустимый уровень шума на рабочих местах установлен СН 2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки». Согласно этим нормам уровни звука не должны превышать: на постоянных рабочих местах и в рабочих зонах производственных помещений – 80 дБ.

2. Вибрация – механические колебания упругих тел или колебательные движения механических систем. По действию на организм человека вибрацию подразделяют: а) общая – передается по всему телу; б) локальная – передается только на руки рабочего.

Систематическое воздействие вибраций может быть причиной вибрационной болезни – стойких нарушений физиологических функций организма, обусловленных воздействием вибраций на центральную нервную систему. Предельно-допустимая норма вибрации: общая – 92 дБ; локальная – 120 дБ. Предельно-допустимый уровень вибрации на рабочих местах установлен СН 2.2.4/2.1.8.566-96 «Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий».

3. Смазочные, промывочные и смазочно-охлаждающие технологические средства. В результате механического разбрызгивания и испарения компоненты СОЖ поступают в воздух, вызывая раздражение органов дыхания, легочной ткани, а также неблагоприятно воздействуют на другие системы организма.

4. Физические перегрузки. В данной ремонтной мастерской существуют два вида физических перегрузок:

- статические перегрузки – продолжительная работа в неудобной позе, стоя (работа у станка, верстака, станда).
- динамические перегрузки – подъем и перенос тяжестей, ручной труд.

Методы защиты от вредных факторов [8-11]:

1. Защита от шума. Для снижения шума, возникающего на участке, установка для электромагнитной наплавки размещена в специальной шумоизоляционной камере.

Шумозащитная камера изготавливается из металлических панелей, заполненных шумопоглощающим материалом. Габариты камеры составляют 3200 мм – ширина, 5000 мм длина, 3000 мм высота, такие габариты позволяют разместить в ней всё необходимое оборудование. С внутренней стороны панели закрыты перфорированным оцинкованным листом для улучшения шумопоглощения. Уровень шума снаружи камеры соответствует санитарным нормам и не превышает 75 децибел. Камера оснащена сдвижной дверью и смотровым окном для визуального контроля за процессом.

2. Защита от вибрации. Для уменьшения вибрации шлифовального станка в процессе работы применяют виброизоляционные опоры ОВ-31м, на которые устанавливается станок.

3. Защита от перегрузок. Для улучшения работы рабочего предусмотрены периодические перерывы, обеспечение удобной позы и свобода трудовых движений, использование механизированных приспособлений. Для перемещения коленчатого вала между рабочими местами в процессе выполнения работ используется кран передвижной гидравлический консольный (представлен на планировке, Лист 10 поз. 19).

4.2 Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды

Опасные производственные факторы – такие факторы, воздействие которых может привести к травме, несчастным случаям.

По мере усложнения системы «Человек-техника» все более ощутимее становятся экономические и социальные потери от несоответствия условий труда и техники производства возможностям человека. Суть опасности

заключается в том, что воздействие присутствующих опасных и вредных производственных факторов на человека, приводит к травмам, заболеваниям, ухудшению самочувствия и другим последствиям. Главной задачей анализа условий труда является установление закономерностей, вызывающих ухудшение или потери работоспособности рабочего, и разработка на этой основе эффективных профилактических мероприятий [4, 5].

Средства защиты работающих на участке от опасных и вредных факторов в соответствии с ГОСТ 12.04.011-75 подразделяются на две категории [7, 15]:

1. Средства коллективной защиты;
2. Средства индивидуальной защиты.

Средства коллективной защиты: оградительные, предохранительные и тормозные устройства, сигнализация об опасности, габариты безопасности, система профилактических испытаний и другое.

Средства индивидуальной защиты: устройства для индивидуального применения.

Методы защиты от опасных факторов [8-11, 16]:

1. Защита от электрического тока. Основные меры защиты от поражения током: изоляция, недоступность токоведущих частей, применение малого напряжения (не выше 42 В, а в особо опасных помещениях - 12 В), защитное отключение, применение специальных электрозащитных средств, защитное заземление. На спроектированном участке всё оборудование, подключаемое к электрической сети (моечная машина АМ900 АВ; станок шлифовальный 3Д4230; абразивно-пневматической установка; установка для напыления валов; печь для отпуска металлов) должно быть надёжно заземлено.

2. Движущие изделия и механизмы. Для исключения прикосновения механика с инструментом и средствами технологического оснащения используют устройства, исключающие возможность случайного

проникновения человека в опасную зону. Все открытые части станков и механизмов закрываются глухими кожухами, плотно прикрепленными к станине или неподвижной части станка.

3. Защита от стружки и пыли. От стружки – экраны и щитки, предохраняющие рабочего; от пыли – пылезащитные очки, хлопчатобумажный костюм.

4.3 Охрана окружающей среды

1. Отработанное масло (моторное, промышленное, трансмиссионное), фильтры отработанные промасленные относятся к отходам III класса (умеренно опасные) опасности. Ветошь промасленная, опилки промасленные относятся к отходам IV класса опасности (малоопасные).

2. Отработанные нефтепродукты являются опасными загрязнителями практически всех компонентов природной среды – поверхностных и подземных вод, почвенно-растительного покрова, атмосферного воздуха. Значительный ущерб окружающей среде наносится во время неправильного сбора и хранения отработанного масла и нефтесодержащих отходов.

3. Отработанное масло, фильтры отработанные, ветошь промасленная, опилки промасленные являются взрывоопасными отходами, а также легко воспламеняющимися.

Порядок сдачи, транспортировки и перевозки отработанного масла и ГСМ и маслосодержащих отходов [12-14].

1. Отработанное масло и ГСМ, маслосодержащие отходы сдаются на утилизацию в специализированные организации, имеющие лицензию на деятельность по сбору, использованию, обезвреживанию, транспортировке, размещению опасных отходов.

2. Отработанное масло и ГСМ сдаются на утилизацию либо в бочках организации, либо организация, которая его принимает, откачивает

отработанное масло и ГСМ с ёмкостей для его хранения собственными силами.

3. Если транспортировка отработанного масла и ГСМ проводится силами организации, нужно соблюдать следующие требования:

- соблюдать условие герметичности тары. Пробки бочек плотно затягивать, чтобы предотвратить течь или деформацию бочки;
- следить, чтобы во время перевозки в бочке оставлялось достаточное пространство с учётом коэффициента расширения жидкости;

Промасленная ветошь, опилки и песок укладываются так, чтобы избежать возможность выпадения из кузова при транспортировке

4.4 Защита в чрезвычайных ситуациях

Чрезвычайная ситуация – состояние, при котором в результате возникновения источника чрезвычайной ситуации на объекте определенной территории или акватории нарушаются нормальные условия жизни и деятельности людей, возникает угроза их жизни и здоровью, наносится ущерб имуществу населения, народному хозяйству и окружающей природной среде [39, 40].

Потенциальными источниками чрезвычайных ситуаций на данной территории являются [8-11]:

- Природные:

1. Ураганный ветер, ливневые дожди, которые могут привести к замыканию электропроводки. В этом случае происходит эвакуация людей в безопасное место, отключение электроэнергии.

2. При резком повышении или понижении температуры применяются дополнительные источники подогрева, охлаждения, предусмотрены перерывы.

- Техногенные:

Пожары на ремонтных предприятиях представляют большую опасность для работающих и могут причинить огромный материальный ущерб.

Причинами возникновения пожаров в ходе технологического процесса могут явиться:

- неисправность электрооборудования (короткое замыкание, перегрузки и большие переходные сопротивления);
- самовозгорание промасленной ветоши и других материалов, склонных к самовозгоранию;
- износ и коррозия оборудования.

На авторемонтном участке возможны такие причины пожара: перегрузка проводов, короткое замыкание, возникновение больших переходных сопротивлений, самовозгорание различных материалов, смесей и масел, высокая конденсация воспламеняемой смеси газа, пара или пыли с воздухом (пары растворителя).

Согласно НПБ 105-95 участок в соответствии с характером технологического процесса по взрывопожарной и пожарной опасности относится «Пожарная безопасность. Общие требования» производство можно отнести к категории В – пожароопасное, так как на участке имеются горючие вещества и материалы в горячем состоянии.

Мероприятия по пожарной профилактике:

1. Организационные – правильная эксплуатация машин, правильное содержание зданий, территории, противопожарный инструктаж рабочих и служащих.
2. Технические – соблюдение противопожарных правил, норм при проектировании зданий, при устройстве электропроводов и оборудования, отопления, вентиляции, освещения.
3. Режимные – запрещение курения в неустановленных местах, производства электросварочных работ в пожароопасных помещениях.
4. Эксплуатационные – своевременные профилактические осмотры, ремонты, и испытания.

Работы по пожаротушению проводят штатные пожарные части, одновременно с тушением пожара эвакуируют людей.

Тушение пожара производится водяными стволами (ручными и лафетными). Для подачи воды используются устанавливаемые на предприятиях и в населенных пунктах водопроводы. Для того чтобы обеспечить тушение пожара в начальной стадии его возгорания, на водопроводной сети установлены внутренние пожарные краны.

Для эвакуации людей при пожаре на участке имеется два эвакуационных выхода. Удаление дыма из горящего помещения производится через оконные проемы, а также с помощью специальных дымовых люков.

Общие требования к пожарной безопасности – по ГОСТ 12.1.004-85. Степень стойкости здания, а так же конструктивная и функциональная пожарная опасность регламентирует СНиП 21-01-97.

Требования к системам противопожарного водоснабжения – по СНиП 2.04.02-84 «Водоснабжение. Наружные сети и сооружения».

В ремонтной мастерской имеются следующие средства пожаротушения: мотопомпа МП-800А; имеются пожарные гидранты в соответствии с требованиями СНиП 2.04.02-84 пожарные щиты. В комплект пожарного щита входят: две лопаты; два пожарных ведра, топор, три порошковых огнетушителя, два багра.

4.5 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

За состоянием безопасности труда установлены строгие государственный, ведомственный и общественный надзор и контроль. Государственный надзор осуществляют специальные государственные органы и инспекции, которые в своей деятельности не зависят от администрации контролируемых предприятий. Это Прокуратура РФ, Федеральный горный и промышленный надзор России, Федеральный

надзор России по ядерной и радиационной безопасности, Государственный энергетический надзор РФ, Государственный комитет санитарно-эпидемиологического надзора РФ (Госкомсанэпиднадзор России), Федеральная инспекция труда при Министерстве труда РФ (Рострудинспекция); Министерство РФ по атомной энергии [1-5].

Контроль за состоянием условий труда заключается в проверке состояния производственных условий для работающих, выявлении отклонений от требований безопасности, законодательства о труде, стандартов, правил и норм охраны труда, постановлений, директивных документов, а также проверке выполнения службами, подразделениями и отдельными группами своих обязанностей в области охраны труда. Этот контроль осуществляют должностные лица и специалисты, утвержденные приказом по административному подразделению. Ответственность за безопасность труда в целом по предприятию несут директор и главный инженер.

Первичный инструктаж на рабочем месте проводит непосредственный руководитель работ перед допуском к работе. Этот вид инструктажа должен сопровождаться показом безопасных приемов работ.

Повторный инструктаж на рабочем месте проводят с работниками независимо от их квалификации, стажа и оплаты работы не реже чем раз в шесть месяцев.

Внеплановый инструктаж на рабочем месте проводят в случае изменения правил по охране труда, технологического процесса, нарушения работниками правил техники безопасности, при несчастном случае, при перерывах в работе – для работ, к которым предъявляются дополнительные требования безопасности труда, – более чем на 30 календарных дней, для остальных работ – 60 дней.

Текущий инструктаж проводят для работников, которым оформляют наряд-допуск на определенные виды работ.

Результаты всех видов инструктажа заносят в специальные журналы. За нарушение всех видов законодательства по безопасности жизнедеятельности предусматривается следующая ответственность:

1. Дисциплинарная, которую накладывает на нарушителя вышестоящее административное лицо (замечание, выговор, перевод на нижеоплачиваемую должность на определенный срок или понижение в должности, увольнение);

2. Административная (подвергаются работники административно-управленческого аппарата; выражается в виде предупреждения, общественного порицания или штрафа);

3. Уголовная (за нарушения, повлекшие за собой несчастные случаи или другие тяжелые последствия);

4. Материальная, которую в соответствии с действующим законодательством несет предприятие в целом (штрафы, выплаты потерпевшим в результате несчастных случаев и др.) или виновные должностные лица этого предприятия.

Перечень законодательных и нормативных документов по теме ВКР:

1. ГОСТ 12.1.005-88 Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
2. ГОСТ 12.1.007-76 Система стандартов безопасности труда. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности.
3. ГОСТ 12.1.010-76 Система стандартов безопасности труда. Взрывобезопасность. Общие требования.
4. ГОСТ 12.1.030-81 Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление.
5. ГОСТ 12.2.003-91 Система стандартов безопасности труда. Оборудование производственное. Общие требования безопасности.
6. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95

4.6 Выводы по разделу

В ходе анализа условий труда на участке восстановления вторичных валов электромагнитной наплавкой выявлены следующие опасные и вредные факторы: задымленность и загазованность; повышенная температура; световые излучения; шум и вибрация; нервно-психологические нагрузки; физические перегрузки; повышенное пылеобразование; возникновение пожара; загрязнение окружающей среды.

В ВКР предлагается:

- усилить наблюдение за внутренними факторами риска на участке;
- произвести проверку всех служб на организацию экстренных мероприятий при возникновении ЧС (провести проверку систем оповещения и т.д.);
- проводить 1 раз в год плановую тревогу и проведение эвакуационных мероприятий.

Заключение

Данная выпускная квалификационная работа на тему: «Разработка технологического процесса восстановления изношенных деталей грузовых автомобилей в условиях ИП Русанова» содержит теоретический анализ и инженерные расчеты, связанные с разработкой технологического процесса восстановления вторичного вала КПП модели 14 КамАЗ, на основании которых разработана технология восстановления соответствующая современному уровню развития науки и техники.

В работе на основе анализа износа шеек вторичного вала предложены технологические приемы по их восстановлению. Разработаны необходимые инструменты и приспособления, а также определены режимы обработки.

Литература

1. Федеральный закон «О защите населения и территорий от ЧС природного и техногенного характера» // Нормативные правовые акты. Гражданская оборона. Предупреждение и ликвидация ЧС природного и техногенного характера. Красноярск, 2006. – 14 с.
2. Федеральный закон «О гражданской обороне» // Нормативные правовые акты. Гражданская оборона. Предупреждение и ликвидация ЧС природного и техногенного характера. Красноярск. 2000. – 30-35 с.
3. Закон № 197 – ФЗ «Трудовой кодекс Российской Федерации». – М.: ОМЕГА – Л, 2006 – 272 с. (в редакции Федерального Закона № 90 – ФЗ от 30.06.2006 г.).
4. Постановление правительства РФ № 1113 «О Единой государственной системе предупреждения к ликвидации ЧС // Нормативные правовые акты. Гражданская оборона. Предупреждение и ликвидация ЧС природного и техногенного характера». – Красноярск, 2000. - С. 38-51.
5. Постановление правительства РФ № 794 от 30.12.2003 года «О единой государственной системе предупреждение и ликвидации ЧС».
6. ГОСТ 12.0.003 – 74 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. Переиздание, с изменениями №1.-М: Издательство стандартов, 1998.
7. ГОСТ 12.1.005 – 88*ССБТ. Общие санитарно – гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. Введен с 01.01.1989 г. М.: Издательство стандартов, 1989.
8. ГОСТ 12.1.009 – 83. ССБТ. Электробезопасность. Общие требования. Введен с 01.01.1984 г. М.: – Издательство стандартов, 1989.

9. ГОСТ 12.1.004 – 91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования. Введен с 01.01.1992 г. М: – Издательство стандартов, 1997.
- 10.СНиП 2.04.05– 91. Санитарно-гигиеническим требования вентилляций.
- 11.Безопасность и экологичность проекта: Методические указания к выполнению раздела в дипломных проектах для студентов спец. 17.04 всех форм обучения. – Красноярск: КГТА, 1997. – 20 с.
- 12.Белов С. В. Безопасность жизнедеятельности: Учебник для вузов / Белов С. В., Ильницкая А.В., Козьяков А.Ф. – 2-е изд. исправленное и дополненное. – М.: Высшая школа, 1999. – 448с.
- 13.Вишняков Я.Д. Безопасность жизнедеятельности. Защита населения и территорий в ЧС: Учебное пособие для студ. высш. учеб. заведений. – 2-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 304с.
- 14.Гладкий П.В. Газотермическая наплавка. Автоматическая сварка / Гладкий П.В., Фруммин И.И – М.:Машиностроение,1995. – 792с.
- 15.Дубровский В. А. Пособие слесаря-ремонтника. М., «Колос», 1973. 239 с. ил.
- 16.Логачев Н.П. Технология машиностроения. Техническое нормирование в машиностроений: Справочник для студентов специальностей 170400,171100 и учащихся машиностроительных техникумов и колледжей всех форм обучения / Логачев Н.П., Садовников В.И., Байделюк В.С. – Красноярск: Сиб ГТУ, 2004. – 196 с.
- 17.Пантелеенко Ф.И. Восстановлене деталей машин: Справочное пособие / Пантелеенко Ф.И., Лялякин В.П., Иванов В.П., В.М. Константинов – М.: Машиностроение, 2003. – 672 с.
- 18.Вишняков Н. Н. Автомобиль. Основы конструкции. Учебник для вузов по специальности «Автомобили и автомобильное хозяйство»./ Н.Н. Вишняков, В.К. Вахламов, А.Н. Нарбут, И.С. Шлиппе, А.Н.

- Островцев – Издание второе, переработанное и дополненное. – Москва: Издательство «Машиностроение», 1986. 206 с.
19. www.kamaz.ru Дата обращения 13.05.2019 г.
20. Руководство по ремонту и техническому обслуживанию автомобилей: КАМАЗ 5320, 5410, 55102, 55111, 53212, 53211, 53213, 54112, 43114, 43118, 65111, 53228, 44108, 43115, 65115, 6540, 53229, 4326, 53215, 54115.
21. <https://www.remkam.ru/spravochnik/> Дата обращения 13.05.2019 г.
22. Захаров Ю. А., Ремзин Е. В., Мусатов Г. А. Восстановление металлизацией деталей транспортно-технологических машин и комплексов // Молодой ученый. — 2014. — №19. — С. 199-201. — URL <https://moluch.ru/archive/78/13632/> (дата обращения: 13.03.2018)
23. Новиков А. Н., Стратулат М. П., Севостьянов А. Л. Восстановление и упрочнение деталей автомобилей. – 2006.
24. <https://moykadvs.ru/> Дата обращения 13.05.2019 г.
25. <http://www.sibmk.com/katalog/svarochnoe-oborudovanie-kemppi/ruchnaya-dugovaya-svarka/kemppi-master-5001/> Дата обращения 13.05.2019 г.
26. Касилова А.Г., Мещеряков Р.К. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т1. 4-е изд., перераб. и доп.- М.: Машиностроение, 1985.-656с.
27. Касилова А.Г., Мещеряков Р.К. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т2. 4-е изд., перераб. и доп.- М.: Машиностроение, 1985.-496с.
28. Балабанов А.Н. Краткий справочник технолога-машиностроителя. - М.: Издательство стандартов, 1992. -464с.
29. Методические указания по выполнению экономической части выпускной квалификационной работы для студентов механико-машиностроительного факультета. - ИПЛ ЮТИ ТПУ, 2006.

30. Гришагин В.М., Фарберов В.Я. Безопасность жизнедеятельности. - Томск: Издательство ТПУ, 2003. - 159 с.
31. Гришагин В.М., Фарберов В.Я. Сборник задач по безопасности жизнедеятельности. - Юрга: Издательство филиала ТПУ, 2002. - 96 с.
32. <https://detonation-stc.ru/> Дата обращения 13.05.2019 г.
33. <https://yandex.ru/turbo?text=https%3A%2F%2Fwww.autostat.ru%2Fpress-releases%2F42483%2F> дата обращения 02.04.2020.
34. <http://www.oooabs.ru/news/defekti-korobki-peredach-kamaz>
35. <http://kamadocs.ru/defektaciya-i-remont-kpp-kamaz.html>
36. <https://mason.by/zapchasti-kamaz/17-korobka-peredach-dlya-kamaz/val-kpp-kamaz-vtorichnii-oao-kamaz-1125803234>
37. https://ozlib.com/817982/tehnika/uprochnenie_metallicheskih_poverhnostey_elektromagnitnoy_naplavkoj#460