

**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

Отделение Промышленных технологий

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

Тема работы
Разработка технологии восстановления деталей автомобилей и тракторов с последующим упрочнением пластическим деформированием

УДК 629.3.02.083.8:621.787.4

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
10Б51	Нурбек уулу Медер		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОПТ	Зайцев Константин Викторович	к.т.н.		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

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

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
и.о. руководителя ОТБ	Солодский Сергей Анатольевич	к.т.н.		

Нормоконтроль

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОПТ	Зайцев Константин Викторович	к.т.н.		

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
и.о. руководителя ОПТ	Кузнецов Максим Александрович	к.т.н.		

Юрга – 2019 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

Код результата	Результат обучения
	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  
 Кафедра Технология машиностроения

УТВЕРЖДАЮ:  
 и.о. руководителя ОПТ  
 \_\_\_\_\_ Кузнецов М.А.  
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ**  
**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
10Б51	Нурбеку уулу Медеру

Тема работы:

Разработка технологии восстановления деталей автомобилей и тракторов с

последующим упрочнением пластическим деформированием	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	58/с от 17.04.2019г.

Срок сдачи студентом выполненной работы:	6 июня 2019 г.
--	----------------

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<p><b>Исходные данные к работе</b></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 распределительного вала двигателя КАМАЗ-740 подлежащего восстановлению.</p>
<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b></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 распределительного вала газопламенным методом. 4. Конструкторская часть. Разработка контрольно-измерительного приспособления. 5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность, ресурсосбережение. 6. Социальная ответственность.</p>
<p><b>Перечень графического материала</b></p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>1. Планировка участка (1 лист А1). 2. Карта технологического процесса (3 листа А1). 3. Дефектная ведомость (1 лист А1). 4. Распределительный вал автомобиля КамАЗ (1 лист А1). 5. Структура предприятия (1 лист А1).</p>

		6. Контрольно-измерительное приспособление (1 лист А1). 7. Экономическая оценка проектных решений (1 лист А1).
<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b> (с указанием разделов)		
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>	
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	<b>Лизунков В. Г.</b>	
Социальная ответственность	<b>Солодский С. А.</b>	
<b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b>		
Реферат		

<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	
---	--

**Задание выдал руководитель:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент отделения ПТ	Зайцев К.В.	к.т.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
10Б51	Нурбек уулу Медер		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И  
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
10Б51	Нурбеку уулу Медеру

<b>Институт</b>	<b>ЮТИ ТПУ</b>	<b>Отделение</b>	Промышленных технологий
<b>Уровень образования</b>	бакалавр	<b>Направление/специальность</b>	35.03.06 «Агроинженерия»

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:**

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

**Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)**

- 1. Смета затрат на восстановление коленчатого вала*

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	25.04.2019
---	------------

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент ОЦТ	Лизунков В. Г.	канд. пед. наук		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
10Б51	Нурбек уулу Медер		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
10Б51	Нурбеку уулу Медеру

<b>Институт</b>	<b>ЮТИ ТПУ</b>	<b>Кафедра</b>	<b>ТМС</b>
<b>Уровень образования</b>	Бакалавр	<b>Направление</b>	35.03.06 «Агроинженерия»

**Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:**

<i>Описание рабочего места (рабочей зоны, технологического процесса, механического оборудования)</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.
1. Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме	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



	<p><i>безопасности труда.</i>  <i>Взрывобезопасность. Общие требования.</i>  <i>ГОСТ 12.1.018-93 Система стандартов безопасности труда.</i>  <i>Пожаровзрывобезопасность статического электричества. Общие требования.</i>  <i>ГОСТ 12.1.030-81 Система стандартов безопасности труда.</i>  <i>Электробезопасность. Защитное заземление, зануление.</i>  <i>ГОСТ 12.2.003-91 Система стандартов безопасности труда. Оборудование производственное. Общие требования безопасности.</i>  <i>ГОСТ 12.2.007.1-75 Система стандартов безопасности труда. Машины электрические вращающиеся. Требования безопасности.</i>  <i>СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение.</i>  <i>Актуализированная редакция СНиП 23-05-95</i></p>
--	--

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

<p>1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой;</li> <li>- действие фактора на организм человека;</li> <li>- приведение допустимых норм с необходимой размерностью (с ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ);</li> <li>- предлагаемые средства защиты (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства)</li> </ul>
<p>2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- механические опасности (источники, средства защиты);</li> <li>- термические опасности (источники, средства защиты);</li> <li>- электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита - источники, средства защиты);</li> <li>- пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения)</li> </ul>
<p>3. Охрана окружающей среды:</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- защита селитебной зоны;</li> <li>- анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы);</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы);</li> <li>- анализ воздействия объекта на литосферу (отходы);</li> <li>- разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.</li> </ul>
4. Защита в чрезвычайных ситуациях:	<ul style="list-style-type: none"> <li>- перечень возможных ЧС на объекте;</li> <li>- выбор наиболее типичной ЧС;</li> <li>- разработка превентивных мер по предупреждению ЧС;</li> <li>- разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС;</li> <li>- разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий</li> </ul>
5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:	<ul style="list-style-type: none"> <li>- специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</li> <li>- организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны</li> </ul>
<b>Перечень графического материала:</b>	
При необходимости представить эскизные графические материалы к расчётному заданию (обязательно для специалистов и магистров)	-

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	
---	--

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
И.о. руководителя ОТБ	Солодский С. А.	к.т.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
10Б51	Нурбек уулу Медер		

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа состоит из 92 страниц машинописного текста. Количество использованной литературы – 42 источника. Графический материал представлен на 9 листах формата А1.

Ключевые слова: техническое обслуживание и текущий ремонт, планировка, технологический процесс, восстановление, состояние автомобиля, технологическое оборудование, конструкции, технологические расчеты, распределительный вал автомобиля КамАЗ.

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 восстановлению распределительного вала двигателя КамАЗ-740.

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 2007 и графическом редакторе КОМПАС 3D V16.

## ABSTRACT

The final qualification paper consists of 92 typewritten pages. The amount of used literature – 42 sources. Graphic material is presented on 9 sheets of A1 format.

Keywords: maintenance and current repair, planning, technological process, restoration, car condition, technological equipment, structures, technological calculations, KAMAZ camshaft.

In the section of the object and methods of research, an analytical review of the topic of work was carried out and the choice of the topic of the bachelor's thesis was substantiated.

The calculations and analytics section presents the necessary engineering calculations related to the organization of work on the restoration of the camshaft of the KAMAZ-740 engine.

In the section "Social responsibility" identified dangerous and harmful factors, as well as measures for their elimination.

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

The final qualifying work was done in the text editor Microsoft Word 2007 and the graphical editor KOMPAS 3D V16.

## Оглавление

УТВЕРЖДАЮ:.....	4
и.о. руководителя ОПТ .....	4
<b>ЗАДАНИЕ</b> .....	4
<b>ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:</b> .....	5
<b>Задание выдал руководитель:</b> .....	6
<b>Задание принял к исполнению студент:</b> .....	6
РЕФЕРАТ .....	11
ВВЕДЕНИЕ.....	15
1. Объекты и методы исследования.....	16
1.1 Описание конструкции детали.....	16
1.2 Анализ возможных дефектов распределительного вала .....	19
1.3 Выбор рационального способа восстановления .....	24
1.3.1. Восстановление деталей под ремонтный размер .....	24
1.3.2. Восстановление деталей сваркой и наплавкой .....	27
2. Расчеты и аналитика .....	50
2.1 Высокоскоростная газотермическая установка.....	50
2.2 Ультразвуковая установка.....	52
2.3. Маршрут восстановления распределительного вала .....	55
2.4. Выбор оборудования, инструментов, технологической оснастки, назначение припусков, расчет режимов резания и норм времени .....	56
2.4.1. Назначение припусков и допусков на обрабатываемые поверхности. ....	57
2.4.2.Выбор режущего инструмента .....	59
2.4.3. Расчет режимов резания и восстановления .....	60
2.4.4. Расчет норм времени .....	65
2.5 Разработка планировки участка восстановления.....	67
2.6 Разработка конструкции контрольно-измерительного приспособления .....	68
2.6.1 Анализ методики изменения прогиба вала .....	71
2.6.2 Конструирование корпуса приспособления .....	73
2.6.3 Расчет на точность проектируемого приспособления .....	77
3. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность, ресурсосбережение.....	79
3.1 Исходные данные .....	79
3.2 Расчет единовременных капитальных затрат.....	79
3.3 Определение текущих издержек .....	81
3.3.1 Определение суммы материальных затрат.....	81
3.3.2 Фонд оплаты труда .....	82

3.3.3 Амортизационные отчисления.....	84
3.3.4 Прочие затраты.....	86
3.4 Определение финансовых показателей деятельности проектируемого участка .....	88
4. Социальная ответственность .....	90
4.1 Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды .....	90
4.2 Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды .....	94
4.3 Охрана окружающей среды.....	95
4.4 Защита в чрезвычайных ситуациях .....	96
4.5 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности .....	98
Список использованной литературы:.....	101

## ВВЕДЕНИЕ

Современный мир очень трудно представить без автомобилей. Но автомобиль также имеет особенность ломаться, как и любая техника. Причины поломки могут быть различны. Современный автомобиль состоит из 15-20 тыс. деталей, из которых 7-9 тыс. теряют свои первоначальные свойства при работе, причем около 3-4 тыс. деталей имеют срок службы меньше, чем автомобиль в целом. Из них 80-100 деталей влияют на безопасность движения, а 150-300 деталей «критических» по надежности чаще других требуют замены, вызывают наибольший простой автомобилей, трудовые и материальные затраты в эксплуатации. Две последние группы деталей являются главным объектом внимания технической эксплуатации, а также производства и снабжения. У современных автомобилей на 2-3% номенклатуры запасных частей приходится 40-50% общей стоимости потребляемых запасных частей, в ряде случаев покупка новой детали очень дорогостоящее дело, поэтому восстановление деталей актуальная тема в современном обществе.

Необходимость ремонта авто определяется техническими и экономическими факторами. Технические причины обусловлены тем, что современные основы производства авто предусматривают различие в сроках службы их деталей и сборочных единиц. Полное использование ресурса составных частей авто может быть обеспечено только при условии выполнения комплекса мероприятий по их техническому обслуживанию и ремонту.

В данной выпускной квалификационной работе будет разработана технология восстановления с последующим упрочнением пластическим деформированием деталей автомобиля на примере распределительного вала двигателя КамАЗ-740.

## 1. Объекты и методы исследования

### 1.1 Описание конструкции детали

Разработка технологии восстановления деталей автомобилей и тракторов с последующим упрочнение пластическим деформированием осуществляется на примере распределительного вала двигателя КамАЗ-740.

Распределительный вал – самая основная деталь газораспределительного механизма (ГРМ), предназначен для синхронизации впуска или выпуска и тактов работы двигателя.

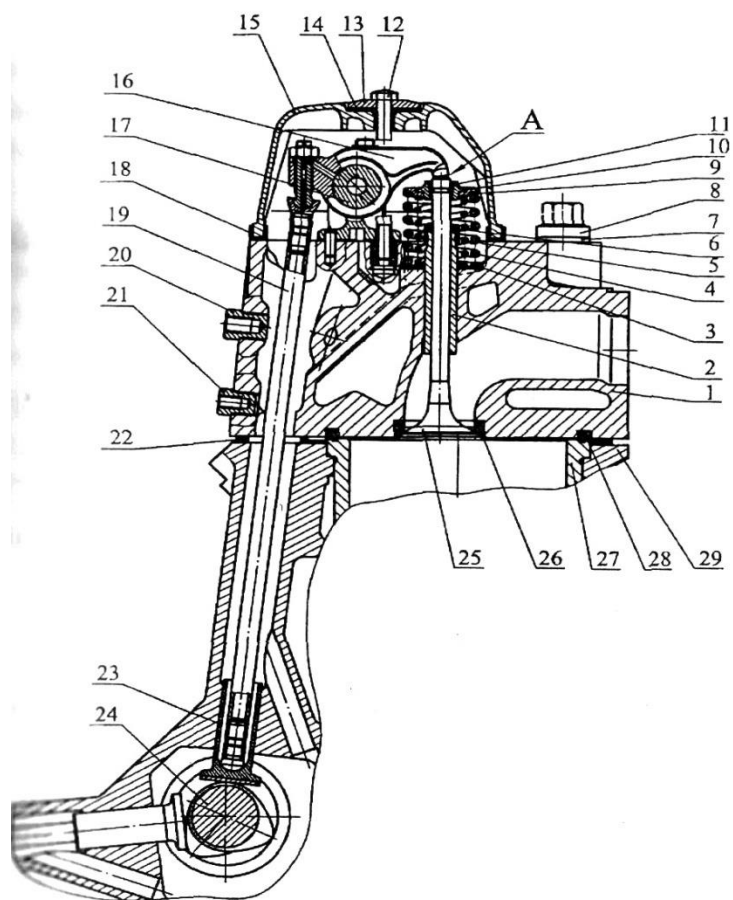
Распределительный вал газораспределительного механизма в процессе работы подвергается действию циклических нагрузок, сил инерции поступательно движущихся и вращающихся частей, не качественное масло, наличие механических примесей или воды в масле, недостаточное количество масла, подаваемое на подшипники, работа двигателя без масла, царапины, недостаточная шероховатость или овальность шеек. Все это приводит к износу рабочих поверхностей таких, как кулачков, поверхностях опорных шеек, шпоночных пазов и посадочных мест под установочные штифты, а также под шкивы или шестерни привода распредвала, износ резьбовой поверхности.

Механизм газораспределения предназначен для обеспечения впуска в цилиндры свежего воздушного заряда и выпуска из них отработавших газов. Впускные и выпускные клапаны открываются и закрываются в определенных положениях поршня, что обеспечивается совмещением меток на шестернях привода агрегатов при их монтаже.

Механизм газораспределения (рис. 1.1) – верхнеклапанный с нижним расположением распределительного вала. Кулачки распределительного вала (рис. 1.2) 24 в соответствии с фазами газораспределения приводят в действие толкатели 23. Штанги 19 сообщают качательное движение коромыслам 16, а они, преодолевая сопротивление пружины 4 и 5,



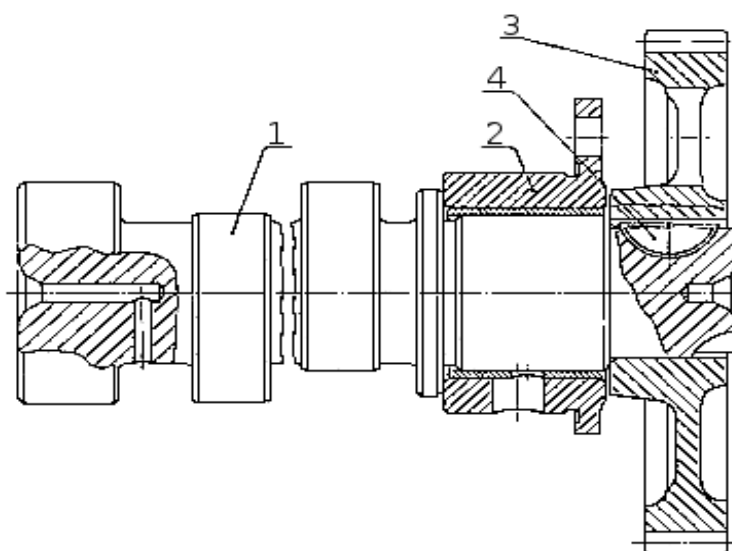
открывают клапаны 25. Закрываются клапаны под действием силы сжатых пружин. Распределительный вал стальной, кулачки и опорные шейки подвергнуты термообработке ТВЧ; устанавливается в развале блока цилиндров



на пяти подшипниках скольжения,

представляющих собой стальные втулки, залитые антифрикционным сплавом.

Рисунок  
Механизм



1.1 —

газораспределения: 1 – головка блока цилиндра; 2 – втулка направляющая; 3 – шайба пружин клапана; 4,5 – пружины клапана; 6 – манжета клапана; 7 – шайба; 8 – болт крепления головки; 9 – тарелка пружин; 10 – втулка тарелки пружин; 11 – сухарь клапана; 12 – болт крепления крышки; 13 – шайба; 14 – шайба виброизоляционная; 15 – крышка головки цилиндра; 16 – коромысло клапана; 17 – стойка коромысел; 18 – прокладка крышки; 19 – штанга; 20 – ввертыш крепления впускного коллектора; 21 – ввертыш крепления водяной трубы; 22 – прокладка уплотнительная; 23 – толкатель; 24 – распредвал; 25 – выпускной клапан; 26 – седло выпускное; 27 – гильза цилиндра; 28 – кольцо газового цикла; 29 – блок цилиндров. А – тепловой зазор.

*Рисунок 1.2 – Распределительный вал: 1 – распределительный вал; 2 – корпус подшипника; 3 – шестерня; 4 – шпонка.*

Распределительный вал (иногда называемый просто распредвалом), более чем какая-либо из других деталей двигателя влияет на выбор и работу практически каждой системы двигателя. Распределительный вал непосредственно влияет на системы карбюрации, впуска и выпуска газов; однако, он также сильно влияет на конструкцию механизма привода клапанов, на оптимальную степень сжатия и, в меньшей степени, даже на конструкцию шасси и трансмиссии. Проще говоря, конструкция распредвала определяет выходную мощность двигателя при частично или полностью открытой дроссельной заслонке, и выбор этой детали является одним из наиболее важных решений, которые может принять двигателестроитель [2].

## 1.2 Анализ возможных дефектов распределительного вала

Возможные дефекты распределительного вала:

1. Сильный износ, задиры и царапины на поверхностях опорных шеек распределительного вала.
2. Сильный износ и задиры на рабочих поверхностях кулачков распределительного вала.
3. Прогиб распределительного вала.
4. Трещины распредвала.
5. Разрушение шпоночных пазов и посадочных мест под установочные штифты, а также под шкивы или шестерни привода распредвала
6. Выработка и царапины на поверхности под сальники распределительного вала.
7. Разрушение резьбы в крепёжных отверстиях.

Для анализа необходимо более подробно рассмотреть каждый из дефектов.

*Сильный износ, задиры и царапины на поверхностях опорных.* Причины возникновения такого рода дефектов могут быть различны: работа двигателя с недостаточным давлением в системе смазки, работа двигателя с недостаточным уровнем масла в картере, работа двигателя на некачественном масле, сильный перегрев, приводящий к разжижению масла, попадание в масло топлива (бензина или дизтоплива), приводящее к разжижению масла, работа двигателя с засоренным масляным фильтром, работа двигателя на грязном масле, большой пробег двигателя. Чтобы устранить возникшие дефекты необходимо: капитальный ремонт двигателя; замена распределительного вала; в некоторых случаях – шлифовка шеек распределительного вала в ремонтный размер и установка утолщённых (ремонтного размера) вкладышей или втулок; проверка посадочных мест под распределительный вал в головке блока цилиндров или в блоке цилиндров; в некоторых случаях – ремонт посадочных мест под распредвал; проверка системы смазки, масляного насоса и при необходимости ремонт или замена масляного насоса; чистка, промывка и продувка масляных каналов блока цилиндров и головки блока; применение моторного масла надлежащего качества и регулярная, в предписанные производителем сроки, замена моторного масла и фильтра; проверка системы охлаждения и при необходимости её ремонт; проверка и при необходимости ремонт системы питания.

*Сильный износ и задиры на рабочих поверхностях кулачков распределительного вала.* Причины возникновения дефектов такого рода: Работа двигателя с недостаточным давлением в системе смазки, работа двигателя с недостаточным уровнем масла в картере, работа двигателя на некачественном масле, сильный перегрев, приводящий к разжижению масла, попадание в масло топлива (бензина или дизтоплива), приводящее к разжижению масла, работа двигателя с засорённым масляным фильтром,

работа двигателя на грязном масле, большой пробег двигателя, неотрегулированный зазор в клапанном механизме, дефекты гидрокомпенсаторов, дефекты и повреждения деталей привода клапанов (толкателей, штанг, коромысел), неверно установленные фазы газораспределения. Действия по устранению дефектов: замена распределительного вала; проверка, регулировка и при необходимости ремонт клапанного механизма; замена гидрокомпенсаторов; проверка системы смазки, масляного насоса и при необходимости ремонт или замена масляного насоса; чистка, промывка и продувка масляных каналов блока цилиндров и головки блока; применение моторного масла надлежащего качества и регулярная, в предписанные производителем сроки, замена моторного масла и фильтра; проверка системы охлаждения и при необходимости её ремонт; проверка и при необходимости ремонт системы питания.

*Прогиб распределительного вала.* Во всех вышеизложенных случаях обязательно надо проверять изгиб распределительного вала. Распределительный вал укладывается на призмы, установленные на металлической плите. С помощью стрелочного индикатора, установленного на стойке, проверяем прогиб опорных шеек, вращая распредвал рукой. Изгиб не должен превышать: для легковых моторов 0,005 мм; для грузовых моторов 0,01 мм. При большем прогибе распредвал подлежит замене!

*Трещины распредвала.* Причины этого дефекта следующие: попадание в цилиндр посторонних предметов, разрушение ремня или цепи привода газораспределительного механизма, неверно установленные фазы газораспределения. При наличии трещин распределительный вал ремонту не подлежит! Замена распредвала.

*Примечание:* Как правило, в результате описанных причин происходит соударение поршней и клапанов. Через детали привода клапанов энергия ударов передается распредвалу, что может привести к образованию трещин.

В большинстве случаев трещины приводят к поломке распредвала прямо во время работы двигателя.

*Разрушение шпоночных пазов и посадочных мест под установочные штифты, а также под шкивы или шестерни привода распредвала.* Причины возникновения: неправильная затяжка болтов, крепящих шкивы или шестерни, биение шкивов или шестерён, последствия аварии, при которой произошла деформация моторного отсека. В данном случае распредвал следует заменить, так как ремонту он не подлежит.

*Выработка и царапины на поверхности под сальники распределительного вала* возникают из-за: длительной работы двигателя, попадания посторонних частиц в моторное масло, неаккуратное обращение с распредвалом при замене сальников на двигателе. Устранить дефекты возможно следующим образом: при наличии незначительных царапин возможна шлифовка поверхностей под сальники, при наличии незначительной выработки устанавливаются новые сальники с небольшим осевым смещением, в противном случае – замена распредвала.

*Разрушение резьбы в крепёжных отверстиях.* Это может произойти из-за неправильной затяжки крепёжных болтов. В этом случае вал ремонту не подлежит и его следует заменить [13].

Контроль износ шеек, а также кулачков распределительного вала по высоте и диаметру затылка производится микрометром и скобами, износ образующей поверхности кулачка – шаблоном. Прогиб вала проверяется индикатором по средней шейке в трехопорных валах и по средней шейкам – в четырехопорных.

Восстановление различных рабочих поверхностей осуществляют следующими способами:

1. *Восстановление подшипников шеек шлифованием под ремонтный размер.* Восстановление шеек вала производится шлифованием их под ремонтный размер. При этом способе восстановление шеек необходима замена и обработка опорных втулок под требуемый размер валика.

Шлифование шеек распределительного вала производится на круглошлифовальном станке, обеспечивающем необходимую точность обработки. Шлифование производится с обильным охлаждением электрокорундовыми кругами на керамической связке, зернистостью 46-60 и твердостью от СМ до С. Перед шлифованием вал проверяется на погнутость и при необходимости подвергается правке на винтовом или гидравлическом прессе.

*2. Восстановление шеек хромированием.* Износы опорных шеек распределительных валов двигателей, поступающих в капитальный ремонт, обычно невелики и в среднем не превышают 0,05- 0,10 мм. Поэтому шейки валов, не подвергающиеся шлифованию под ремонтные размеры, целесообразно восстанавливать хромированием с последующим шлифованием под начальные размеры.

Подлежащие хромированию шейки шлифуются с таким расчетом, чтобы толщина слоя хрома была в пределах примерно 0,15 мм на сторону, с учетом припуска на последующие шлифованием примерно 0,04 мм на сторону. Толщина слоя хрома после шлифования должна составлять 0,11 мм.

Толщина слоя хрома с припуском на шлифование при восстановлении шейки под распределительную шестерню может быть снижена до 0,11-0,12 мм, припуск на шлифование 0,04 и толщина слоя хрома после шлифования 0,07-0,08 мм (размеры даны на сторону).

*3. Восстановление шеек электроимпульсной наплавкой.* Шейки распределительного вала, вышедшие из всех ремонтных размеров, можно восстанавливать электроимпульсной наплавкой. При необходимости этим способом можно восстанавливать шейки и с промежуточных ремонтных размеров, а также с первоначальным износом. В последнем случае, вследствие небольшого износа шеек, в среднем не превышающего 0,10 мм, перед наплавкой целесообразно шлифовать шейки, с тем, чтобы получить поверхностный слой наплавленного металла высокого качества.

4. *Восстановление кулачков шлифованием.* При износе кулачков по высоте более 0,5 мм необходимо произвести шлифование кулачка по всему профилю на специальных копирующих станках или на круглошлифовальном в специальных приспособлениях. Правильность взаимного углового расположения кулачков обеспечивается применением делительного приспособления и установочного хомутика [14].

Что бы выбрать рациональный способ восстановления распределительного вала, необходимо более подробно рассмотреть методы восстановления деталей. В двигателях Камаз-740 распредвал изготовлен из стали 45.

### 1.3 Выбор рационального способа восстановления

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

#### 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.

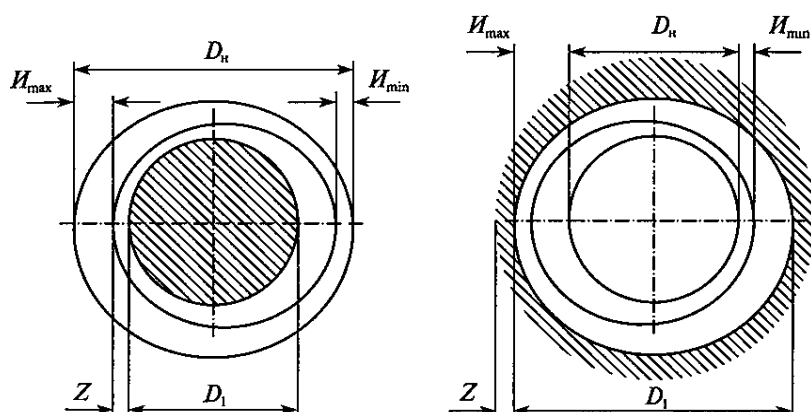
Несмотря на некоторые недостатки, например ослабление сечения детали и увеличение номенклатуры деталей, усложняющие их учет, метод ремонтных размеров находит широкое применение при ремонте таких групп деталей, как цилиндр – поршень – кольцо, шатуны – вкладыши – коленчатый вал и др.

На рисунке 1.3 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 – 1.3. 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  
(разность



уменьшение  
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 [41].

### 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 [38].

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

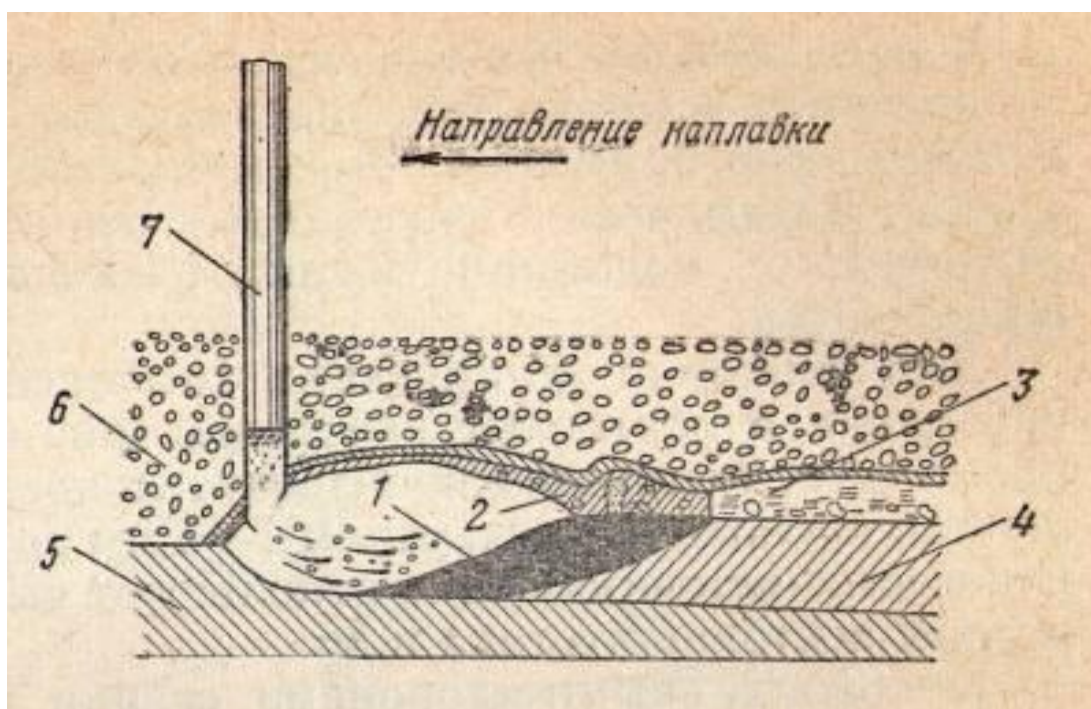
сварочного шва или наплавляемого валика. При полуавтоматической сварке и наплавке механизирована только подача электрода в зону дуги.

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. Электроды изготавливают 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 [38].

Автоматическая сварка и наплавка под флюсом. Электрическая дуга горит под расплавленным флюсом (рис. 1.4), 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 1.4 – 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 А/мм<sup>2</sup>) 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 наплавляемый 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.) [38].

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) [38].

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 г/А-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. 1.1) при относительно несложном технологическом процессе.

Таблица 1.1 – 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 наплаваемая площадь при толщине слоя 2,5 мм, см <sup>2</sup> /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 наплаваемого 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 [38].

#### 1.4 Высокоскоростное газопламенное напыление

Газотермические технологии нанесения покрытий являются одним из способов обработки поверхности материалов, которые используются уже в течение нескольких десятилетий.

Процесс высокоскоростного газопламенного напыления HVOF был изобретен в 1958 в компании «Union Carbide», но впервые был применен только в 1980-х годах, после того, как James Browning изобрел установку для высокоскоростного напыления [102, 103]. Вслед за этим многие компании предложили собственные версии установок: «Diamond Jet» от «Sulzer Metco», «JP-5000» от «TAFA», «K2» от «GTV», что способствовало быстрому распространению технологии высокоскоростного газотермического напыления [7, 86, 102, 103, 119-122].

Системы высокоскоростного напыления с использованием порошков применяют для напыления всех существующих материалов.

При высокоскоростном способе напыления достигаются более высокие значения адгезии и плотности покрытия, чем в традиционных способах газотермического напыления.

Высокоскоростное (сверхзвуковое) газовое пламя получают посредством сгорания горючего в кислороде или воздухе в камере сгорания, обеспечивающих высокую скорость продуктов горения и, соответственно, частиц распыляемого материала. В качестве горючего используют газообразное (водород, этилен, пропилен, пропан, смесь газов) или жидкое (керосин) топливо. Давление в камере сгорания повышенное и составляет  $0,3 \div 0,8$  МПа. За рубежом этот процесс и технологию в зависимости от типа окислителя разделяют на два способа: кислород – High-Velocity Oxygen-Fuel (HVOF) и воздух – High-Velocity Air-Fuel (HVOAF). Кроме того, распылители системы HVOF бывают двух типов в зависимости от вида используемого топлива.

Температура в камере сгорания зависит от типа горючего и составляет  $2370 \div 2930$  °С. Скорость газопламенных сверхзвуковых струй составляет  $1100 \div 2300$  м/с и определяется типом топлива, расходом топливо-кислородной смеси, отношением расхода кислорода к горючему газу и профилированием сопла [93,102].

На рис. 1.5 представлена типичное устройство и схема процесса высокоскоростного напыления.

При напылении в камеру сгорания подается кислород и горючее в строго определенном соотношении, затем смесь поджигают электрической искрой от запальной свечи. При сгорании горючего в кислороде в камере сгорания горелки увеличивается давление и выделяется теплота. При этом высокотемпературный газовый поток устремляется в область с меньшим (атмосферным) давлением, в результате чего скорость потока газа значительно увеличивается. Он проходит через сопло и истекает из горелки.

Порошок вводится транспортирующим его азотом между соплом и камерой сгорания в случае радиальной подачи или непосредственно в камеру сгорания в случае подачи порошка в осевом направлении.

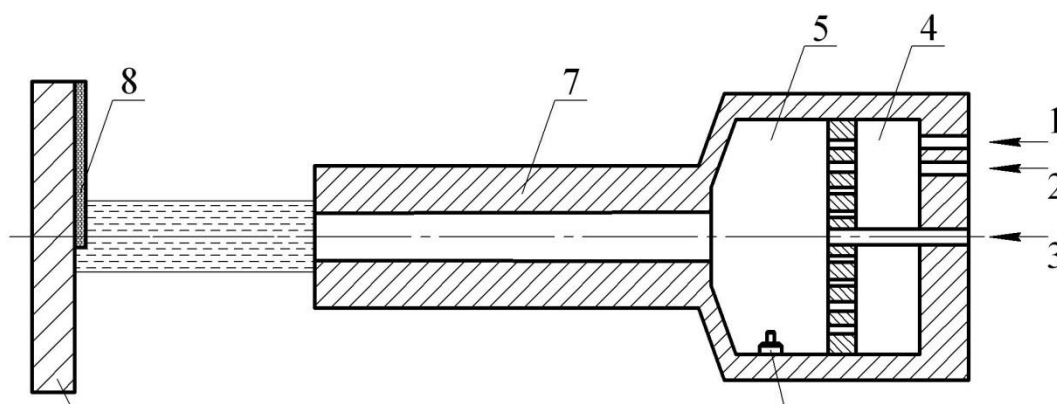


Рисунок 1.5 – Схема процесса и устройства для высокоскоростного напыления покрытий: 1 – подача топлива; 2 – подача окислителя; 3 – подача порошка; 4 – смешительная камера; 5 – камера сгорания; 6 – свеча зажигания; 7 – ускоряющая насадка; 8 – покрытие; 9 – основа

Высокотемпературный и высокоскоростной газовый поток нагревает и придает частицам порошка высокую скорость, с которой они осаждаются на покрываемую поверхность [102]. Дисперсность используемых порошков 10÷45 мкм.

Применение: поверхности скольжения, вальцы, детали нефтехимического и химического оборудования, насосы, шиберы, шаровые краны, механические уплотнения и т.д.

Назначение покрытий: улучшение коэффициента трения поверхности; повышение твердости или пластичности поверхности; защита от коррозии, эрозии, кавитации; температуростойкость и окалиностойкость; исправление деталей, сделанных с ошибками, и восстановление изношенных деталей до первоначального размера.

Преимущества: может быть создан практически любой состав покрытия для толщины покрытия от сотых долей до нескольких миллиметров; при нанесении покрытия основной материал нагревается обычно до температуры 100-150° С, при этом не наступает изменение структуры и коробления;

покрытие можно наносить на различные материалы вне зависимости от размеров деталей; тонкозернистое микропористое высококачественное покрытие имеет идеальные предпосылки для слоистых технологий и др.

В данной ВКР для восстановления изношенных поверхностей распределительного вала двигателя КамАЗ-740 будет применяться технология высокоскоростного газопламенного напыления.

### 1.5 Сущность ультразвукового пластического деформирования

Ультразвуковой наклеп – один из методов упрочнения пластическим деформированием стальных деталей машин и инструмента, в том числе имеющих высокую исходную твердость [1-3, 46-48, 65, 66].

Сущность ультразвукового пластического деформирования (ультразвуковая обработка) заключается в том, что поверхность детали после механической обработки подвергается воздействию шарика, колеблющегося с ультразвуковой частотой. Колебательная система ультразвукового устройства для упрочнения металлических деталей дополнительно нагружается статической силой, определяющей давление прижима. Чтобы обработать всю поверхность сообщается движение подачи детали или инструменту. Ультразвуковой обработке можно подвергать детали различной формы: круглые, плоские и фасонные [1-3, 65].

Для практического применения процесса ультразвуковой обработке необходимо ультразвуковое оборудование – специальная ультразвуковая головка и ультразвуковой генератор небольшой мощности (0,2-0,4 кВт), выглаживатели. Обработку наружных и внутренних поверхностей можно выполнять на металлообрабатывающих (токарных, фрезерных) станках нормальной точности.

Основными параметрами ультразвукового упрочнения являются величины статического давления инструмента на обрабатываемую деталь, скорости главного (колебательного) движения, продольной и поперечной



подачи, число проходов, размеры и форма инструмента. Колебательное движение инструмента создает внутренние напряжения в поверхностном слое обрабатываемой детали [1-3, 65].

Вспомогательное движение (движение подачи) и число проходов характеризуют число ударов на единицу обрабатываемой поверхности в единицу времени. Размеры и форма ультразвукового инструмента влияют на силу удара и тем самым на давление, испытываемое обрабатываемой поверхностью детали [74].

При ультразвуковой обработке возникает ряд особенностей, отличающих этот метод от обычных видов поверхностного деформирования. В этом случае имеет место ударное нагружение, периодически повторяющееся и распространяющееся на сравнительно малую площадь. Ультразвуковое упрочнение повышает микротвердость поверхности в 1,5 и более раз, обеспечивает благоприятное ее распределение по глубине наклепанного слоя, снижает шероховатость поверхности и создает остаточные напряжения сжатия.

Особенностью ультразвуковой обработки является возникновение на поверхности детали быстро чередующихся деформаций сжатия и сдвига. На физико-механическое состояние поверхностного слоя (шероховатость, микротвердость, внутренние остаточные напряжения) большое влияние оказывают специфические для этого процесса элементы: величина статического давления прижима шарика к детали, амплитуда ее смещения, частота колебаний и др. Статическая сила обеспечивает контакт между шариком и обрабатываемой деталью. Амплитуда смещения и статическое давление оказывают основное влияние на шероховатость поверхности, степень и глубину наклепа, величину остаточных напряжений, возникающих в поверхностном слое металла и на другие его физико-механические свойства. Выбор амплитуды смещения и статического давления прижима шарика определяют производительность обработки, подачу и скорость вращения детали, число проходов. Статическая сила должна быть тем выше,

чем менее пластичен материал детали, чем выше исходная шероховатость, чем больше диаметры упрочняемой детали и шарика, чем больше подача и скорость вращения детали.

По сравнению, например, с обкатыванием шаром ультразвуковая обработка отличается следующими особенностями и преимуществами [74]:

1. Инструмент пластически деформирует поверхностный слой детали импульсно, с большой интенсивностью колебаний, в результате чего деформирование сопровождается прерывистым и интенсивным трением.

2. Статическая сила, действующая на деталь, незначительна.

3. Скорость деформирования – переменная, ее максимальное значение 200 м/мин и более, что превышает скорость деформирования при обкатывании шаром в десятки и сотни раз.

4. Среднее давление, создаваемое в поверхностном слое детали под действием нормально направленной силы, в 3-9 раз больше, чем при обкатывании шаром.

5. Энергия, расходуемая на искажения кристаллической решетки и идущая на внутренние микроструктурные преобразования, при ультразвуковом упрочнении значительно выше, чем при обкатывании шаром.

6. Температура места контакта инструмента с деталью в зоне деформирования  $100 \div 150$  °С, что в 3-5 раз меньше, чем при обкатывании шаром. Время нагрева при ультразвуковом выглаживании очень мало ( $3 \cdot 10^{-5}$  с) и поэтому не наблюдается снижения упрочнения, вызываемого действием высокой температуры.

#### 1.5.1 Применение ультразвука при нанесении газотермических покрытий

Среди существующих методов обработки поверхностей основы под напыление [10, 12, 17, 24, 26, 29, 50, 56, 57, 60, 64, 70, 81, 96, 104] наиболее распространены механические способы подготовки поверхности, которые

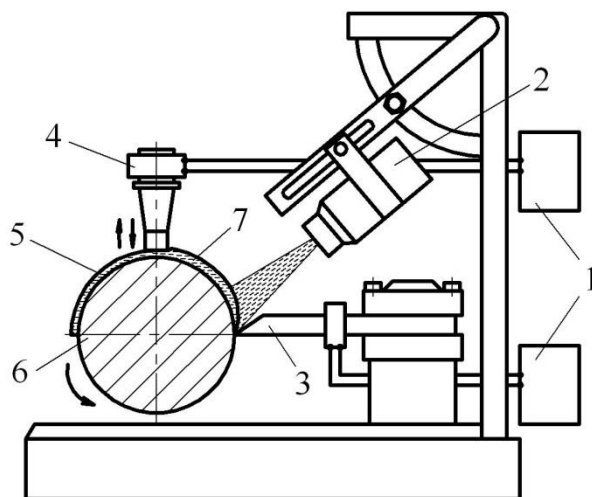
предусматривают пластическое деформирование и разрушение приповерхностного слоя материала.

Ультразвуковая обработка применяется в качестве совместной технологической операции при напылении для послойной обработки частиц напыляемого слоя [10, 71, 97, 109, 110].

В Санкт-Петербургском государственном университете водных коммуникаций (СПГУВК) совместно с Сибирским Отделением АН СССР разработан метод напыления [110] с послойным ультразвуковым воздействием и устройство для ультразвуковой активации подложки вместо струйно-абразивной обработки (рис. 1.6).

Устройство (рис. 1.6) содержит плазмотрон 2 для нанесения покрытия 7 на поверхность заготовки 6, резец 3 и излучатель ультразвуковых колебаний 4 соединенные с ультразвуковыми генераторами 1.

Заготовка 6 устанавливается во вращатель, поверхность заготовки непосредственно перед пятном напыления обрабатывается резцом 3 соединенным с ультразвуковым генератором 1. В плазмотрон 2 подается



*Рисунок 1.6 – Схема ультразвуковой послойной обработки плазменных покрытий и устройство для ультразвуковой активации подложки: 1 – ультразвуковой генератор; 2 – плазмотрон; 3 – резец; 4 – излучатель ультразвуковых колебаний; 5 – обработанный слой покрытия; 6 – заготовка; 7 – напыленное покрытие*

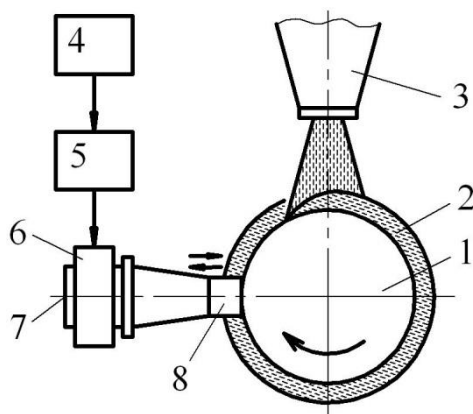
напыляемый материал, который расплавляется и ускоряется потоком газа и напыляется на поверхность заготовки. Еще не остывший монослой покрытия 7 подвергается воздействию излучателя ультразвуковых колебаний 4, который деформирует и уплотняет покрытие 7 с образованием обработанного слоя 5.

Обработка и активирование напыляемой детали непосредственно перед двухфазным плазменно-порошковым потоком с использованием резца, соединенного с ультразвуковым генератором, обеспечивает возникновения «свежей» поверхности, которая отличается неравновесным состоянием. Минимальный интервал времени между активированием поверхности и взаимодействием ее с частицами напыляемого материала существенно ограничивает адсорбцию газов, паров и жидкостей, возможность окисления и образования других твердых пленок, диффузию каких либо элементов из окружающей среды. В результате создается плотное покрытие, которое с высокой прочностью сцепления удерживается на поверхности детали.

В работе [97] рассмотрено применение ультразвукового инструмента для высокоскоростной деформации и активирования обрабатываемой детали непосредственно перед двухфазным плазменно-порошковым покрытием (рис. 1.7).

С учетом особенностей физики процесса напыления строения и структуры напыленных покрытий и влияния ультразвука на структуру и физико-механические свойства металлов и сплавов [42] в ИФПМ СО РАН г. Томск разработан метод напыления с одновременным ультразвуковым воздействием [43, 71, 75-77].

Сущность метода заключается в подведении мощных ультразвуковых колебаний в зону покрытия вблизи пятна напыления (рис. 1.7).

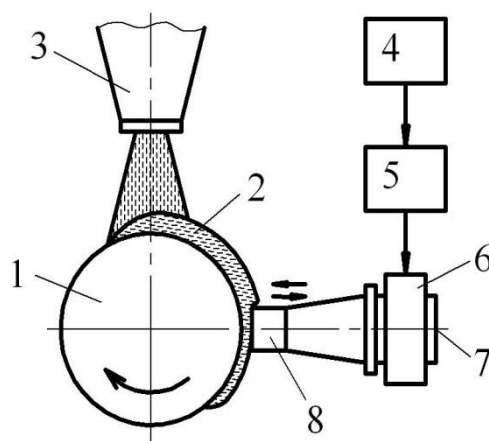


*Рисунок 1.7 – Схема активации металла детали перед напылением покрытия: 1 – обрабатываемая деталь; 2 – порошковое покрытие; 3 – плазматрон; 4 – ультразвуковой генератор; 5 – усилитель; 6 – обмотка возбуждения; 7 – вибратор; 8 – боек*

Монослой покрытия 2 толщиной в несколько десятков микрон, нагретый до нескольких сотен градусов и обладающий открытой пористостью, попадает под действие бойка 8 закрепленного на ультразвуковом излучателе. Постоянно действующая силовая нагрузка создает не только акустический контакт, но и осуществляет силовое воздействие на слои покрытия.

Высокоскоростная обработка ультразвуковым инструментом напыленного плазмой неостывшего порошкового покрытия [97] обеспечивает получения слоя с плотностью, близкой к 100% от компактного материала, что особенно важно для износостойких покрытий (рис. 1.8).

Основными характеристиками воздействия ультразвука, определяющими физику протекающих процессов, являются максимальное давление и скорость его приложения. В результате действия этих факторов при обработке ультразвуком слоев покрытий развивается пластическая деформация. Ее протекание имеет ряд существенных различий по сравнению с пластической деформацией, как компактных материалов, так и порошковых тел [71, 109].



*Рисунок 1.8 – Схема обработки покрытия при напылении:*

*1 – обрабатываемая деталь; 2 – порошковое покрытие; 3 – плазматрон;  
4 – ультразвуковой генератор; 5 – усилитель; 6 – обмотка возбуждения;  
7 – вибратор; 8 – боёк*

Особенностью пластической деформации покрытия в данной схеме является ультразвуковое воздействие на напыляемый монослой (слой, формирующийся за время прохождения через пятно напыления). Структура монослоя покрытия создается в результате высокотемпературной кристаллизации из расплава либо деформирования частиц, нагретых до температуры, близкой к температуре плавления. Монослой покрытия состоит из совокупности отдельных частиц, продеформированных в разной степени и провзаимодействовавших между собой, а также из пор и несплошностей [71].

Степень пластической деформации при ударном воздействии ультразвукового инструмента определяется величиной пиковых напряжений [75] и зависит от амплитуды колебательных смещений, постоянной силы поджатия ультразвукового концентратора к слою обрабатываемого покрытия и характеристик обрабатываемых материалов. В результате воздействия высоких и многократных напряжений происходит формоизменение самого покрытия в зоне локализации воздействия как следствие деформирования и уплотнения слоев.

Покрyтия, напыленные с ультразвуковым деформированием, образуются со значительным формoизменением слоев и частиц покpытия, приводящим к снижению количества структурных несовершенств (пор, трещин и несплошностей) и организации новых структур на всех уровнях.

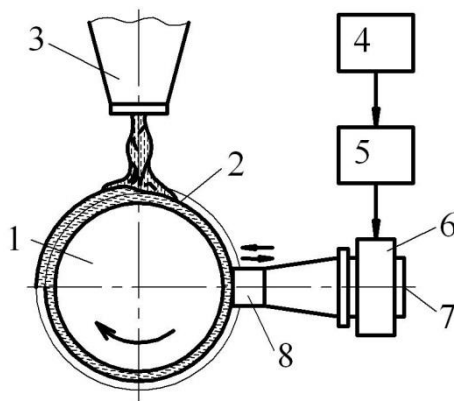
Использование ультразвуковой обработки позволяет снижать уровень растягивающих напряжений до их полной релаксации и создавать сжимающие напряжения.

В результате воздействия ультразвука при напылении газотермических покpытий с послойной проковкой ультразвуковым инструментом повышается адгезия на 30÷50 %, когезионная прочность – на 15÷20%, снижается пористость с 6÷11 до 4÷7 %, повышается микротвердость на 20÷40 % [76]. Происходит перераспределение растягивающих остаточных напряжений на сжимающие напряжения.

В работе [23] рассмотрено влияние ультразвуковых колебаний с различной амплитудой на структуру и фазовый состав покpытий из сплавов H73X16C3P3, 10P6M5, наплавленных при различных режимах на установке «плазменно-порошковой наплавки УПН-303». В результате исследований отмечена разница химического состава в наплавленном слое с наложением ультразвукового поля и без него. Разница заключается в изменении доли основного металла в формировании состава.

По данным рентгеноструктурного анализа [109] в покpытие напыленном с ультразвуковым деформированием, имеются частично аморфизированные структуры. Причинами аморфизации может быть реализация высоких температур и высоких скоростей охлаждения, что предотвращает растягивающие и создает сжимающие термические напряжения. Сжимающие термические напряжения, возникающие при послойной ультразвуковой обработке плазменных покpытий, в процессе их напыления повышают усталостную прочность деталей в целом.

Применение ультразвукового воздействия в комбинации с плазменным потоком для обработки предварительно напыленного покрытия (рис. 1.9) [97] оказывает положительное влияние как на структуру контактной зоны покрытия с деталью, так и на структуру покрытия.



*Рисунок 1.9 – Схема упрочняющей обработки покрытия при плазменном оплавлении: 1 – обрабатываемая заготовка; 2 – порошковое покрытие; 3 – плазматрон; 4 – ультразвуковой генератор; 5 – усилитель; 6 – обмотка возбуждения; 7 – вибратор; 8 – боёк*

В контактной зоне активируются диффузионные процессы. Материал покрытия проникает на глубину до 50 мкм в поверхность детали по межзеренным границам, что обеспечивает высокую прочность сцепления покрытия и детали. В самом покрытии значительно измельчаются все структурные составляющие. Это обеспечивает повышение трещиностойкости покрытия при сохранении уровня износостойкости.

Проанализированные литературные данные [10, 15, 23, 24, 26, 71, 75, 76, 97, 109, 110] позволяют сделать вывод о том, что применение ультразвукового воздействия при обработке основы под напыление, при напылении с одновременным ультразвуковым воздействием и в комбинации с плазменным потоком для оплавления предварительно напыленного покрытия позволяют улучшить структуру и физико-механические свойства формируемых композиций «покрытие-основа».



## 1.6 Выводы

В результате проведенного аналитического обзора литературы и интернет источников в данной ВКР для восстановления деталей автомобилей и тракторов было принято решение использовать сверхзвуковое газопламенное напыление. Для последующего пластического деформирования – ультразвуковое пластическое деформирование.

Указанные два метода являются на данный момент современными широко используемыми способами модификации и восстановления работоспособности поверхностей деталей, как за рубежом, так и в России.

Технология восстановления будет разрабатываться на примере распределительного вала двигателя КамАЗ-740 так как данный двигатель является достаточно широко распространённым на территории РФ.

## 2. Расчеты и аналитика

### 2.1 Высокоскоростная газотермическая установка

В данной ВКР для напыления применяется комплекс высокоскоростного оборудования (изготовленный ООО «Технологические системы защитных покрытий» г. Москва) оснащен горелкой SB-500 и предназначен для нанесения износостойких, жаростойких, теплозащитных и мягких уплотнительных покрытий методами высокоскоростного напыления [73].

В комплекс (рис. 2.1) входит следующее оборудование: горелка, порошковый питатель, пропановый испаритель, блок управления и ряд вспомогательных устройств. Конструктивно горелка состоит из четырех

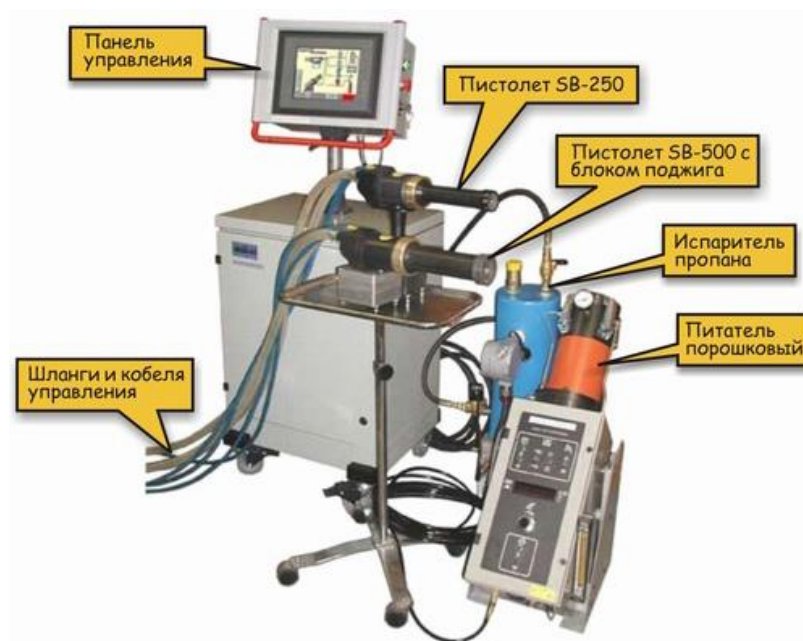


Рисунок 2.1 – Комплекс высокоскоростного газопламенного оборудования ООО «ТСЗП» г. Москва (<http://www.tspc.ru/>)

основных частей: камеры сгорания в сборе, распределителя смеси газов, распределителя «вторичного» пропана, корпуса сопла в сборе.

Работа горелки основана на принципе высокоскоростного напыления с активной камерой сгорания. В соответствии с алгоритмом программы и

задаваемыми параметрами, система управления установки осуществляет точное дозирование воздуха и пропана, подаваемых в камеру сгорания для обеспечения оптимальных параметров газовой струи по скорости и температуре. Контроллер получает данные от датчиков давления пропана и воздуха через блок аналогово-цифровых преобразователей, производит необходимые вычисления и выдает управляющие сигналы на исполняющие реле и дифференциальные клапаны.

Питатель порошка обеспечивает точное дозирование и непрерывную подачу порошка в горелку. Дозирование осуществляется с помощью изменения числа оборотов диска, снабженного тарированными отверстиями. Подача порошка происходит под давлением транспортирующего газа, в качестве которого могут выступать азот или аргон.

Испаритель служит для фазового превращения пропана из жидкой фазы в газообразную. Внутри испарителя происходит подготовка пропана по нужным параметрам давления и температуры. Очищенный газообразный пропан через блок управления подается в горелку.

Процесс напыления выполняется в автоматическом режиме. Панель управления с жидкокристаллическим сенсорным экраном обеспечивает дистанционную настройку, регулирование и стабильность параметров процесса нанесения покрытий [73].

Основные технические характеристики используемой установки представлены в таблице 2.1 [73].

Таблице 2.1 – Технические характеристики комплекса высокоскоростного газопламенного оборудования ООО «ТСЗП» г. Москва

Характеристики установки	Значение
Скорость частиц порошка, м/с	до 800
Расход горючего газа, л/мин	250 (пропан)
Расход транспортирующего газа, л/мин	40 (азот)
Расход окислителя, м <sup>3</sup> /мин	7-9 (сжатый воздух)
Производительность, кг/ч	до 22;
Толщина напыляемого слоя, мм	0,03-10
Пористость покрытия, %	1,0 менее

Адгезия, МПа	80 более
Потребляемая электрическая мощность, кВт	5

Горелка установлена на манипуляторе, предназначенном для ее перемещения вдоль обрабатываемой поверхности детали с заданной скоростью. Скорость перемещения горелки зависит от диаметра детали и скорости вращения, регулировка скорости перемещения осуществляется на блоке управления манипулятора. Горелка с манипулятором установлена в шумоизолирующей камере. Также в камере установлен переоборудованный токарный станок, предназначенный для вращения детали.

## 2.2 Ультразвуковая установка

Комплект предназначен для механической обработки изделий из металлов и сплавов методом поверхностно пластического деформирования на ультразвуковой частоте. Комплект имеет возможность встраивания в

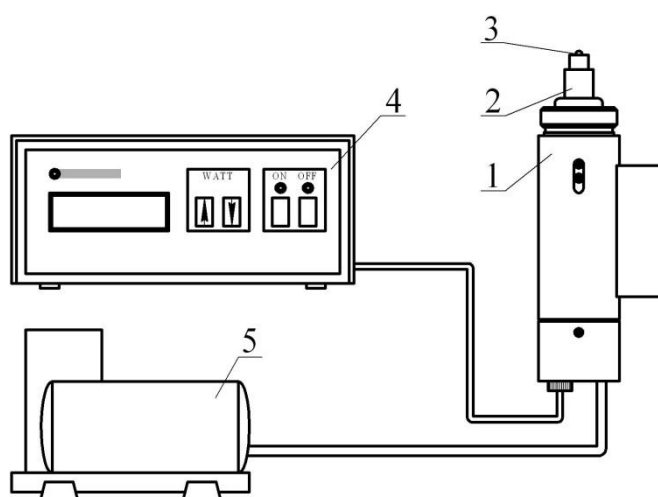


Рисунок 2.2 – Схема ультразвукового комплекса: 1 – корпус преобразователя для закрепления на станке; 2 – волновод; 3 – индентор; 4 – генератор; 5 – компрессор

технологические комплексы, например, металлообрабатывающие станки токарной или фрезерной группы. Схема ультразвукового комплекта представлена на рис. 2.2.

Комплект состоит из ультразвукового генератора и инструмента в составе магнитострикционного преобразователя и индентора. Для длительной и надежной работы ультразвукового инструмента в каждом конкретном применении должно быть обязательно предусмотрено принудительное охлаждение преобразователя воздухом.

Индентор под действием статической и динамической силы, создаваемой колебательной системой, пластически деформирует поверхностный слой детали и модифицирует поверхностный слой. В таблице 2.2 приведены основные технические характеристики ультразвукового технологического комплекта.

Таблица 2.2 – Технические характеристики ультразвукового комплекта

Характеристики	Значение
Напряжение питания, В	220
Частота питающего напряжения, Гц	50
Потребляемая мощность, не более, кВт	0,25
Тип ультразвукового преобразователя	Магнитострикционный
Рабочая частота, кГц	22
Охлаждение преобразователя	Воздушное
Расход охлаждающего воздуха, не менее, м <sup>3</sup>	30
при давлении, не менее, МПа	0,3
Регулировка мощности генератора	Ступенчатая
Количество ступеней мощности	20

Инструмент для ультразвуковой обработки представляет собой магнитострикционный преобразователь (магнитострикционный пакет, электрическая обмотка, волновод) с индентором. Инструмент предназначен для создания механических колебаний в резонансной системе преобразователь-волновод-индентор.

Ультразвуковая обработка материалов основана на энергии механических колебаний инструмента-индентора. Колебания совершаются с ультразвуковой частотой (24 кГц) и амплитудой колебаний  $(0,5 \div 50) \cdot 10^{-6}$  м.

Энергия в зону обработки вводится посредством статического усилия прижима инструмента к поверхности обрабатываемой детали.

### 2.3. Маршрут восстановления распределительного вала

Распределительный вал относится к классу деталей «круглые стержни» и следовательно последовательность его восстановления должна содержать такие операции, как правка центровых отверстий, правка вала, механическая обработка поверхностей, подлежащих восстановлению, направленная на исправление геометрической формы тела, наплавка поверхностей, механическая обработка наплавленных поверхностей.

Технологический маршрут восстановления распределительного вала автомобиля КамАЗ: [5, 14].

005. Токарная. Полировать поверхности передней, средней и задней опорных шеек.

010. Прессовая. Правка вала до выведение погнутости.

015. Токарная. Правка центровых отверстий.

020. Горизонтально-фрезерная. Фрезеровать шпоночный паз на ремонтный размер.

025. Слесарная. Зачистить заусеницы после фрезеровки шпоночного паза.

030. Круглошлифовальная. Шлифовать поверхность шейки, выдерживать размер и шероховатость.

035. Круглошлифовальная. Шлифовать поверхность кулачка, выдерживать размер и шероховатость.

040. Газопламенное напыление. Напылить шейку до необходимого размера.

045. Газопламенное напыление. Напылить покрытие на изношенную поверхность кулачка.

050. Круглошлифовальная (черновая). Шлифовать напыленную шейку выдерживать размер и шероховатость.

055. Круглошлифовальная (черновая). Шлифовать напыленный кулачок, выдерживать размер и шероховатость.

060. Круглошлифовальная (чистовая). Шлифовать напыленную шейку и кулачок до размера по рабочему чертежу.

065. Круглошлифовальная (чистовая). Шлифовать напыленный кулачок, выдерживать размер и шероховатость.

070. Контрольная. Измерить величину шеек и кулачков.

2.4. Выбор оборудования, инструментов, технологической оснастки, назначение припусков, расчет режимов резания и норм времени

Чтобы назначить припуски и рассчитать режимы резания и нормы времени, необходимо сначала выбрать оборудование [37]. В таблице 2.3 представлено технологическое оборудование.

Таблица 2.3 – технологическое оборудование

№	Название	Модель	Габариты	Кол-во	Стоимость, руб.
1	Токарный станок с ЧПУ	СКЕ 6156Z	2580x1750x1620	1	947 000
2	Высокоскоростной полуавтоматический шлифовальный станок для обработки распределительных валов	MBS8312×12	4400 x2450 x2200	1	700 000
3	Пресс гидравлический для правки коленчатых, распределительных валов и др.	CP150	200x70x110	1	300 000
4	Горизонтальный фрезерный станок	6T83	2570 x2252 x1770	1	1 350 000
5	Верстак слесарный	BC-3MФ-ТДД-Э	1900x720x1100	1	43 000
6	Комплекс высокоскоростного газопламенного оборудования	SB-500	1400x2000	1	1 000 00
7	Ультразвуковая установка	УЗО-300	300x80x90	1	200 000
8	Стол для приспособлений		1200x600x920	1	12 000
9	Шкаф для инструмента		670x630x1530	1	15 000



2.4.1. Назначение припусков и допусков на обрабатываемые поверхности.

Слой металла снимают в процессе механической обработки для получения детали соответствующей чертежу называется, припуском на обработку.

Припуски различают общие и промежуточные (межоперационные). Общим припуском называют слой материала, снимаемый при выполнении всех технологических переходах при обработке данной поверхности до размера по чертежу. Общий припуск определяется как сумма межоперационных припусков.

Так как при обработке размеры не могут точно выдержанны то возникает необходимость ограничить отклонения от заданных размеров заготовок и точность обработки поверхностей на промежуточных операциях. Такие отклонения устанавливаются с помощью операционных допусков.

Общий припуск при конкретной операции складывается из величины номинального припуска и величины допуска предшествующей операции.

Для того чтобы после напыления и последующей обработки под номинальный размер по чертежу поверхность состояла из однородного (напыленного слоя) рекомендуется перед напылением проточить поверхность с уменьшение диаметра от номинального на 1 мм. Припуски на операции приведены в табл.2.4.

Таблица 2.4 – Припуски на обработку

№ дефекта	Устраняемый дефект	Поверхность	Технологические переходы обработки	Размер, мм	Припуск, мм	Допуск, мкм
1	Правка центровых отверстий		Точение	15,5	-	-
2	Износ промежуточных опорных шеек	Б	Изношенная поверхность	Ø53,8	-	-
			Точение	Ø52,93 <sup>-0,053</sup>	0,94	53
			Шлифовать предварительно	Ø52,71 <sup>-0,046</sup>	0,22	46

			Напыление	$\varnothing 54,22_{-0,1}$	1,5	100
			Шлифование черновое	$\varnothing 54,00_{-0,105}^{-0,085}$	0,25	85
			Шлифование чистовое	$\varnothing 53,8_{-0,105}^{-0,085}$	0,15	85
3	Износ задней опорной шейки	Б	Изношенная поверхность	$\varnothing 41,90$	-	-
			Точение	$\varnothing 41,01_{-0,08}$	0,89	80
			Шлифовать предварительно	$\varnothing 40,81_{-0,07}$	0,2	70
			Напыление	$\varnothing 42,31_{-0,1}$	1,5	100
			Шлифование черновое	$\varnothing 41,99_{-0,05}$	0,32	50
			Шлифование чистовое	$\varnothing 41_{-0,105}^{-0,085}$	0,19	85
4	Износ кулачков по вершине	Г	Изношенная поверхность	43,98	-	-
			Точение	$43,18_{-0,12}$	0,8	120
			Шлифовать предварительно	$42,95_{-0,15}$	0,23	150
			Напыление	$44,45_{-0,1}$	1,5	100
			Шлифование черновое	$44,16_{-0,25}$	0,25	250
			Шлифование чистовое	$44,1_{-0,25}$	0,06	250
	Износ кулачков по профилю	Д	Изношенная поверхность	36,68	-	-
			Точение	$36,28_{-0,12}$	0,4	120
			Шлифовать предварительно	$36,17_{-0,15}$	0,11	150
			Напыление	$37,67_{-0,1}$	1,5	100
			Шлифование черновое	$37,16_{-0,25}$	0,51	250
			Шлифование чистовое	$37_{-0,05}$	0,16	50
6	Смятие шпоночного паза	Е	Изношенная поверхность	4,9	-	-
			Фрезеровать шпоночный паз на ремонтный размер	$5,5_{-0,055}^{-0,010}$	0,5	10

## 2.4.2. Выбор режущего инструмента

В таблице 2.5 представлены результаты по выбору режущего инструмента.

Таблица 2.5 – Режущий инструмент

Номер операции	Операция	Название инструмента	Материал режущей части	Обозначение
005	Токарная чистовая	Шкурка шлифовальная		Д2 725×50 ГОСТ 13344-79
		Шкурка шлифовальная бумажная водостойкая	15А-электрогрант белый; 5-зернистость; НМ-твердость- мягкая;	1Э725×50 лог 15А5НМА ГОСТ 5009-75
015	Токарная черновая	Резец проходной упорный прямой из твердого сплава	титановольфрамовый сплав с содержанием 5% титана и 10% кобальта, остальное карбид вольфрама.	Резец 2141-0201 Т5К10 ГОСТ 18884-73
020	Фрезерная	Фреза дисковая пазовая		Фреза 100x10x32 Р6М5 Z=20 2250-0011 Гост 3964-69
025	Слесарная	Напильник общего предназначения		2820-0015 ГОСТ1465-80
030	Круг шейки	Круг шлифовальный общего применения прямого профиля	23А-электрогрант белый; 40-зернистость; СТ-твердость-среднетвердая; номер структуры-5	ПП 600-63-305 23А 40-25 СТ16-К1 ГОСТ 8421-83
035	Круг шлиф кулачка	Круг шлифовальный общего применения прямого профиля	23А-электрогрант белый; 40-зернистость; СТ-твердость-среднетвердая; номер структуры-5	ПП 600-63-305 23А 40-25 СТ16-К1 ГОСТ 8421-83
050	Кругшлиф черноев шейку	Круг шлифовальный общего применения прямого профиля	23А-электрогрант белый; 40-зернистость; СТ-твердость-среднетвердая; номер структуры-5	ПП 600-63-305 23А 40-25 СТ16-К1 ГОСТ 8421-83
055	Кругшлиф черноев кулачок	Круг шлифовальный общего применения прямого профиля	23А-электрогрант белый; 40-зернистость; СТ-твердость-среднетвердая; номер структуры-5	ПП 600-63-305 23А 40-25 СТ16-К1 ГОСТ 8421-83

060	Круглошл иф чистовое шейку	Круг шлифовальный общего применения прямого профиля	23А-электрогрунт белый; 40-зернистость; СТ-твердость- среднетвердая; номер структуры-5	ПП 600-63-305 23А 40-25 СТ16- К1 ГОСТ 8421-83
065	Кругл чистовое кулачек	Круг шлифовальный общего применения прямого профиля	23А-электрогрунт белый; 40-зернистость; СТ-твердость- среднетвердая; номер структуры-5	ПП 600-63-305 23А 40-25 СТ16- К1 ГОСТ 8421-83

### 2.4.3. Расчет режимов резания и восстановления

*Правка центровых отверстий:*

Сверло 2317-0117 Т5К10 ГОСТ 14952-75.

Глубина резания:

$$t = 0,5 \cdot D = 0,5 \cdot 5 = 5 \text{ мм.}$$

Подача:  $s = 0,1$  мм/об.

Скорость резания:

$$v = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot s^y} \cdot K_{m\vartheta} \cdot K_{u\vartheta} \cdot K_{l\vartheta} = \frac{7 \cdot 5^{0,4}}{15^{0,2} \cdot 0,1^{0,7}} \cdot 1,25 \cdot 0,65 \cdot 1 = 31 \frac{\text{м}}{\text{мин}}$$

Частота вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 31}{3,14 \cdot 5} = 1937 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$$

где  $D$  – диаметр обработки.

Принятая частота вращения шпинделя:  $n_{пр} = 1600$  об/мин.

Уточненная скорость резания:

$$v_0 = \frac{n_{пр} \cdot \pi \cdot D}{1000} = \frac{1600 \cdot 3,14 \cdot 5}{1000} = 25,2 \frac{\text{м}}{\text{мин}}$$

Крутящий момент:

$$M_{кр} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot s^y \cdot K_{мр} = 10 \cdot 0,0345 \cdot 5^2 \cdot 0,1^{0,8} \cdot 0,846 = 1,1 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

Осевая сила:

$$P_0 = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot s^y \cdot K_{мр} = 10 \cdot 68 \cdot 5^1 \cdot 0,1^{0,7} \cdot 0,846 = 573 \text{ Н.}$$

Требуемая мощность двигателя:

$$N_p = \frac{M_{кр} \cdot n_{пр}}{9750} = \frac{1,1 \cdot 573}{9750} = 0,064 \text{ кВт.}$$

*Шлифовние кулачка (черновое):*

*Диаметр 44,665 мм.*

По таблицам:

$$V_k = 20 \text{ м/с.}$$

$$V_z = 20 \text{ м/мин.}$$

$$S_{\text{ПР}} = 0,025 \text{ мм/дв.х.}$$

$$\text{Ширина круга } B = 63 \text{ мм.}$$

Расчет минутной подачи круга:

$$S = (0,3 \dots 0,7)B = 0,3 \cdot 63 = 18,9 \text{ мм/об.}$$

Расчет частоты вращения:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 20}{3,14 \cdot 54} = 117 \frac{\text{об}}{\text{мин}},$$

принимаем  $n = 110 \text{ об./мин.}$

$$S_m = S \cdot n = 18,9 \cdot 110 = 2079 \text{ мм/мин.}$$

Эффективная мощность резания:

$$N_g = C_N \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot d^q = 1,3 \cdot 0,025^{0,85} \cdot 18,9^{0,7} \cdot 20^{0,75} \cdot 60^0 = 4,18 \text{ кВт.}$$

*Шлифовние шейки (черновое):*

*Диаметр 54мм.*

По таблицам:

$$V_k = 25 \text{ м/с.}$$

$$V_z = 20 \text{ м/мин.}$$

$$S_{\text{ПР}} = 0,025 \text{ мм/дв.х.}$$

$$\text{Ширина круга } B = 63 \text{ мм.}$$

Расчет минутной подачи круга:

$$S = (0,3 \dots 0,7)B = 0,3 \cdot 63 = 18,9 \text{ мм/об.}$$

Расчет частоты вращения:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 20}{3,14 \cdot 54} = 117 \frac{\text{об}}{\text{мин}},$$

об/мин, принимаем  $n = 110 \text{ об./мин.}$

$$S_m = S \cdot n = 18,9 \cdot 110 = 2079 \text{ мм/мин.}$$

Эффективная мощность резания:

$$N_9 = C_N \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot d^q = 1,3 \cdot 0,025^{0,85} \cdot 18,9^{0,7} \cdot 20^{0,75} \cdot 60^0 = 4,18 \text{ кВт.}$$

*Шлифовние шейки (черновое):*

*Диаметр 42мм.*

По таблицам:

$$V_k = 25 \text{ м/с.}$$

$$V_3 = 20 \text{ м/мин.}$$

$$S_{\text{ПР}} = 0,025 \text{ мм/дв.х.}$$

$$\text{Ширина круга } B = 63 \text{ мм.}$$

Расчет минутной подачи круга:

$$S = (0,3 \dots 0,7)B = 0,3 \cdot 63 = 18,9 \text{ мм/об.}$$

Расчет частоты вращения:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 20}{3,14 \cdot 42} = 151 \frac{\text{об}}{\text{мин}},$$

об/мин, принимаем  $n = 110$  об./мин.

$$S_m = S \cdot n = 18,9 \cdot 110 = 2079 \text{ мм/мин.}$$

Эффективная мощность резания:

$$N_9 = C_N \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot d^q = 1,3 \cdot 0,025^{0,85} \cdot 18,9^{0,7} \cdot 20^{0,75} \cdot 60^0 = 4,18 \text{ кВт.}$$

*Шлифовние кулачка (чистовое):*

*Диаметр 44,665 мм.*

По таблицам:

$$V_k = 25 \text{ м/с.}$$

$$V_3 = 20 \text{ м/мин.}$$

$$S_{\text{ПР}} = 0,025 \text{ мм/дв.х.}$$

$$\text{Ширина круга } B = 63 \text{ мм.}$$

Расчет минутной подачи круга:

$$S = (0,3 \dots 0,7)B = 0,3 \cdot 63 = 18,9 \text{ мм/об.}$$

Расчет частоты вращения:

$$n = \frac{1000 \cdot \vartheta}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 20}{3,14 \cdot 54} = 117 \frac{\text{об}}{\text{мин}},$$

об/мин, принимаем  $n = 110$  об./мин.

$$S_m = S \cdot n = 18,9 \cdot 110 = 2079 \text{ мм/мин.}$$

Эффективная мощность резания:

$$N_9 = C_N \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot d^q = 1,3 \cdot 0,025^{0,85} \cdot 18,9^{0,7} \cdot 20^{0,75} \cdot 60^0 = 4,18 \text{ кВт.}$$

*Шлифовные шейки (чистовое):*

*Диаметр 54мм.*

По таблицам:

$$V_k = 30 \text{ м/с.}$$

$$V_3 = 20 \text{ м/мин.}$$

$$S_{\text{ПР}} = 0,01 \text{ мм/дв.х.}$$

$$\text{Ширина круга } B = 63 \text{ мм.}$$

$$\text{Расчет минутной подачи круга: } S = (0,3 \dots 0,7)B = 0,3 \cdot 63 = 18,9 \text{ мм/об.}$$

Расчет частоты вращения:

$$n = \frac{1000 \cdot \vartheta}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 20}{3,14 \cdot 54} = 117 \frac{\text{об}}{\text{мин}},$$

об/мин, принимаем  $n = 110$  об./мин.

$$S_m = S \cdot n = 18,9 \cdot 110 = 2079 \text{ мм/мин.}$$

Эффективная мощность резания:

$$N_9 = C_N \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot d^q = 1,3 \cdot 0,01^{0,85} \cdot 18,9^{0,7} \cdot 20^{0,75} \cdot 60^0 = 1,9 \text{ кВт.}$$

*Шлифовные шейки (чистовое):*

*Диаметр 42мм.*

По таблицам:

$$V_k = 30 \text{ м/с.}$$

$$V_3 = 20 \text{ м/мин.}$$

$$S_{\text{ПР}} = 0,01 \text{ мм/дв.х.}$$

$$\text{Ширина круга } B = 63 \text{ мм.}$$

$$\text{Расчет минутной подачи круга: } S = (0,3 \dots 0,7)B = 0,3 \cdot 63 = 18,9 \text{ мм/об.}$$

Расчет частоты вращения:

$$n = \frac{1000 \cdot \vartheta}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 20}{3,14 \cdot 42} = 151 \frac{\text{об}}{\text{мин}},$$

об/мин, принимаем  $n = 110$  об/мин.

$$S_m = S \cdot n = 18,9 \cdot 110 = 2079 \text{ мм/мин.}$$

Эффективная мощность резания:

$$N_g = C_N \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot d^q = 1,3 \cdot 0,01^{0,85} \cdot 18,9^{0,7} \cdot 20^{0,75} \cdot 60^0 = 1,9 \text{ кВт.}$$

Фрезерование паза:

$$t = 8 \text{ мм}$$

$$S_z = 0,06 \text{ мм}$$

$$T = 60 \text{ мин}$$

Для паза  $B = 5$  мм.

Скорость резания:

$$\begin{aligned} \vartheta &= \frac{C_g \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S^y \cdot B^u \cdot z^p} \cdot K_g = \frac{75,5 \cdot 25^{0,25}}{60^{0,2} \cdot 8^{0,3} \cdot 0,06^{0,2} \cdot 13^{0,1} \cdot 12^{0,1}} \cdot 0,68 \\ &= 28,7 \frac{\text{м}}{\text{мин}}. \end{aligned}$$

Число оборотов:

$$n = \frac{1000 \cdot \vartheta}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 28,7}{3,14 \cdot 25} = 365 \frac{\text{об}}{\text{мин}},$$

Число проходов:  $i = 1$

Сила резания:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot B^u \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{mp} = \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 8^{0,7} \cdot 0,06^{0,72} \cdot 5^1 \cdot 12}{25^{0,86} \cdot 365^0} \cdot 0,64 = 929 \text{ Н.}$$

Крутящий момент:

$$M_{кр} = \frac{P_z \cdot D}{200} = \frac{929 \cdot 25}{200} = 116 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Мощность резания:

$$N_e = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{929 \cdot 38,9}{1020 \cdot 60} = 0,62 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$N_z = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60} = \frac{929 \cdot 28,7}{61200} = 0,43 \text{ кВт.}$$



#### 2.4.4. Расчет норм времени

Под техническим нормированием понимается установление нормы времени на выполнение определенной работы или нормы выработки в штуках в единицу времени.

Норму времени определяют на основе технического расчета и анализа, исходя из условий возможно полного использования технических возможностей оборудования и инструмента в соответствии с требованиями к обработке детали.

Норма штучного времени определяется следующим образом [4]:

$$T_{шт} = T_o + T_в + T_{мо} + T_n ,$$

где  $T_o$  – основное время, мин;

$T_в$  – вспомогательное время, мин;

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

$T_n$  – время перерывов на отдых и личные надобности, мин.

Основное время  $T_o$  вычисляется на основании принятых режимов резания по формуле:

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

где:  $L$  – длина рабочего хода, м;

$n$  – принятая частота вращения, об/мин;

$S$  – принятая подача, мм/об;

Вспомогательное время  $T_в$  состоит из затрат времени на отдельные приёмы:

$$T_в = T_{y.c} + T_{з.о} + T_{уп} + T_{из},$$

где  $T_{y.c}$  – время на установку и снятие детали, мин;

$T_{з.о}$  – время на закрепление и открепление детали, мин;

$T_{уп}$  – время на приёмы управления, мин;

$T_{из}$  — время на измерение детали, мин.

Сумма основного времени и вспомогательного образует оперативное время

$$T_{\text{оп}} = T_o + T_v.$$

Время на обслуживание рабочего места и время перерывов на отдых и личные надобности берутся в процентном соотношении от оперативного времени 5 % и 3 % соответственно [29].

030 Круглошлифовальная

1. Основное время:

$$t_o = \frac{h \cdot k}{n_d \cdot t} \cdot \text{мин.} \quad (23)$$

где  $k$  – коэффициент, учитывающий точность шлифования и износ круга  $k = 1,7$ .

Для обеих шеек:

$$t_o = \frac{0,05 \cdot 1,7}{400 \cdot 0,001} = 0,21 \text{ мин.}$$

$$T_o = t \cdot 2 = 0,21 \cdot 2 = 0,42 \text{ мин.}$$

2. Вспомогательное время.

на установку и снятие детали  $T_{\text{УС}} = 0,3$  мин.

на переход  $T_{\text{ПЕР}} = 0,42$  мин.

$$T_v = 0,3 + 0,42 = 0,72$$

$$T_{\text{ВС}} = T_{\text{УС}} + T_{\text{ПЕР}} = 0,3 + 2,52 = 2,82 \text{ мин.}$$

3. Прибавочное время

$$T_{\text{ПР}} = (T_o + T_v) \cdot \frac{\Pi_{\text{ПР}}}{100} = (0,42 + 2,82) \cdot \frac{9}{100} = 0,29 \text{ мин.}$$

где  $\Pi_{\text{ПР}} = 9\%$  - процент прибавочного времени.

4. Штучное время:

$$T_{\text{шт}} = T_o + T_v + T_{\text{ПР}} = 0,42 + 0,14 + 0,29 = 0,85 \text{ мин.}$$

5. Подготовительно-заключительное время

$$\dot{O}_i = \dot{O}_\emptyset + \frac{\dot{O}_{i-c}}{\bar{O}} = 0,85 + \frac{7}{117} = 0,9 \text{ мин.}$$

Нормы времени, рассчитанные по представленным формулам, приведены в таблице 2.6.

Таблица 2.6 – Нормы времени на выполнение техпроцесса

Операция	$T_o$	$T_b$	$T_{оп}$	$T_{то}$	$T_{п}$	$T_{шт}$
005 Токарная	0,3	0,72	1,02	1,3	0,9	0,74
010 Прессовая	0,1	0,2	0,3	0,015	0,009	0,324
015 Токарная	0,11	0,84	0,95	0,05	0,03	1,03
020 Фрезерная	0,1	0,8	0,9	0,05	0,027	0,977
025 Слесарная	1,5	0,2	1,7	0,09	0,05	1,84
030 Круглошлифовальная	0,42	0,72	1,14	1,3	0,9	0,85
035 Круглошлифовальная	0,46	0,56	1,02	1,3	0,79	1,01
040 Напыление	3,75	15,3	19,05	1,5	0,65	21,2
045 Напыление	29,8	15,3	45,1	1,5	1	47,5
050 Круглошлифовальная	0,42	0,72	1,14	1,3	0,9	0,85
055 Круглошлифовальная	0,46	0,56	1,02	1,3	0,79	1,01
060 Круглошлифовальная	0,3	0,72	1,02	1,3	0,9	0,74
065 Круглошлифовальная	0,4	0,56	0,96	1,3	0,79	0,89

## 2.5 Разработка планировки участка восстановления

Механический участок предназначен для восстановления деталей, механической и слесарной обработки. При размещении оборудования необходимо учитывать возможность использования подъёмно – транспортных средств.

Размещение (сетка) для производственных зданий характеризуется такими параметрами, как пролет  $L$  – расстояние между осями двух рядов колонн, размещаемых продольно к зданию, шаг колонн  $t$  – расстояние между осями соседствующих колонн в одном продольном ряду. Для одноэтажных зданий с подвесным подъёмно – транспортным оборудованием грузоподъёмностью до 5 тонн сетка и шаг колонн рекомендуется выбирать следующий  $24 \times 6$ ;  $24 \times 12$ ,  $12 \times 12$ .

Как правило, для мелкосерийного производства характерно разделение участка на зоны, в частности, зона слесарных работ, зона металлорежущего оборудования. Металлорежущие станки в своей зоне обычно размещают по типам группами: токарные, фрезерные, шлифовальные и т.д. Расстояние между станками определяются нормами, обеспечивающими безопасность и удобство работы. [23]

На стадии технико-экономического обоснования и предварительных расчетах - укрупненно по удельным площадям:

$$F_{TP} = f_a \cdot x_3 \cdot k_n, \text{ м}^2$$

где  $f_a = 6,7 \cdot 2,5 = 16,75 \text{ м}^2$  - площадь, занимаемая автомобилем в плане (по габаритным размерам);  $x_3 = 8$  - число постов;  $k_n$  - коэффициент плотности расстановки постов ( $k_n = 4$  – при двухстороннем расположении постов).

Но так как в механический участок поступают детали для восстановления, а не автомобиль в целом, то возьмем площадь в среднем на рабочего и деталь  $f_a=4,5$

$$F_{TP}=4,5 \cdot 8 \cdot 4=144 \text{ м}^2 \text{ [29]}.$$

## 2.6 Разработка конструкции контрольно-измерительного приспособления

Одним из распространенных дефектов распределительного вала являются увеличение прогиб. Прогиб вала появляется в результате действия на него статических сил. Устранение такого дефекта производится операции прессы. Исходя из анализа достоинств и недостатков различных способов приспособлений для проверки контроля прогиба, а также размеров восстанавливаемой поверхности, и конструктивных особенностей для восстановления вала нужно разработать оптимальное приспособление. Прогиб вала измеряется и правится двумя разными операциями:

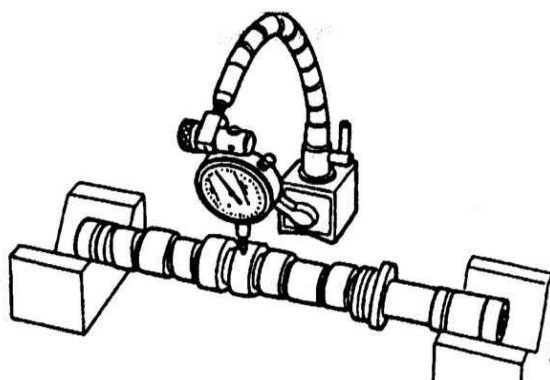
1. Контрольно-измерительная операция (часовым индикатором, цена деления которого составляет 0,01 мм);
2. Правка вала прессом.

В данном дипломном проекте, предлагаю совместить эти две операции в одну, для сокращения времени правки вала и для более точного устранения дефекта. Однако, для этого необходимо:

1. Рассмотреть возможность установки измерителя, в частности индикаторной головки на столе станка;

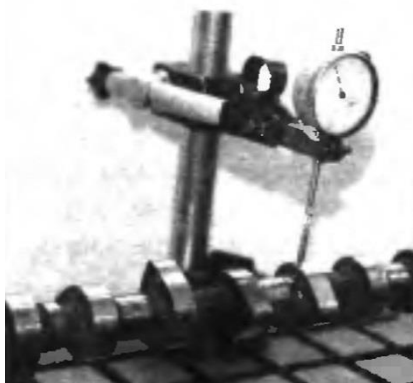
2. Проанализировать методику изменения прогиба с целью адаптации ее на технологическом оборудовании;
3. Сконструировать приспособление;
4. Произвести расчет на точность проектируемого приспособления.

Проверить величину прогиба распределительного вала. Для этого установить вал на две призмы крайними шейками, установить индикатор. Стрелку индикатора установить на поверхность средней шейки, установить показания индикатора на нуль и, проворачивать вал, определить прогиб. Номинальная величина биения центральной шейки распределительного вала обычно устанавливается в пределах 0,02-0,03 мм, предельно допустимая величина - не более 0,10 мм. Половина измеренной величины равна изгибу распределительного вала. При превышении предельно допустимой величины биения центральной шейки вала его следует заменить или выправить на специальном стенде. Проверить осевой и радиальный зазоры в подшипниках распределительного вала в соответствии с методиками. При измерении деформации на призмах (рис. 2.3) вал крайними шейками опирается на призмы, установленные на поверочной плите, а с помощью магнитной стойки с индикатором измеряются биение других шеек и поверхностей. Следует отметить, что если вал имеет различные диаметры шеек, то измерение усложняется, и здесь необходимо рассчитать погрешность установки вала на 2 призмы. Сначала проверяется правильность установки вала, т.е. биение рабочих или вспомогательных поверхностей рядом с призмами. Для этого на стол устанавливается магнитная стойка с индикатором, ножка которого упирается в проверяемую поверхность. Далее, вращая вал рукой, определяется биение. После этого вал следует править.



*Рисунок 2.3 – Схема контрольно-измерительного прибора для измерения прогиба распределительного вала*

После того, как на краях вала биение поверхности устранены, необходимо проверить биение рабочих поверхностей, расположенных ближе к середине вала. Но если с переднего края проверить биение нетрудно, то т.к. здесь располагается посадочный пояс шкива (звездочки) и, возможно, поверхность, по которой работает сальник, то проверка в других плоскостях может вызвать затруднения из-за большого и неравномерного износа опорных шеек. В таких случаях проверку следует проводить по тыльным сторонам расположенных рядом кулачков (рис 2.4).



*Рисунок 2.4 – Проверка биения тыльной стороны кулачка распределительного вала на призмах с помощью индикатора.*

Обязательно, после правки вала необходимо провести контрольно-измерительную операцию, чтобы убедиться, что вал исправен.

При превышении допустимых значений установить ответственный за данное отклонение элемент и замените его (вкладыши, распределительный вал или головка блока цилиндров) [39].

### 2.6.1 Анализ методики изменения прогиба вала

После выявления дефекта прогиба вала на контрольно-измерительном приборе, необходимо устранить дефект, если это возможно.

Правка вала методом статического изгиба. При данном методе правку проводят на гидравлических прессах путем нагружения и разгружения вала. В зависимости от прогиба и опыта правильщиков зависит число нагружений, их величина и направление. Процесс нагружения повторяют до тех пор, пока прогиб оси вала не станет меньше допустимого.

Погнутые валы выправляют холодным или горячим способом. Горячей правке подвергают валы, диаметр которых больше 60 мм. Холодная правка валов может выполняться вручную при помощи винтовых скоб, рычагов, но лучше правку производить под прессом. Сущность правки заключается в том, что приложенное усилие вызывает остаточные деформации, деталь восстанавливается, приобретая первоначальные свойства.

При холодной правке прессом вал располагают на двух опорах выгнутой стороной к нагружающему устройству (винту, ползуну) и нагружают так, чтобы вал изогнулся в противоположную сторону на величину, почти равную первоначальному прогибу, и лишь затем восстанавливают первоначальную точность по прямолинейности.

Пресс выбирают по усилию правки, которое рассчитывают по формуле

$$P = 6,8 \sigma_T d^3 / (10^3 l),$$

где  $P$  – усилие правки, кН;

$\sigma_T$  – предел текучести материала вала, МПа;

$d$  – диаметр сечения вала, м;

$l$  – расстояние между опорами, м.

Рассмотрим более подробно схему правки вала прессом (рис. 2.5). При стрелке прогиба более 1 мм на 1 м длины вала делают правку в холодном состоянии с выгибом вала. Для этого изогнутый вал устанавливают на специальное приспособление и с помощью гидравлического домкрата, расположенного в месте максимального прогиба, выгибают вал в сторону, обратную вогнутости. В зависимости от прогиба и опыта правильщиков зависит число нагружений, их величина и направление. Процесс нагружения повторяют до тех пор, пока прогиб оси вала не станет меньше допустимого. Стрелка выгиба не должна превышать значения, при котором напряжения изгиба превышают предел текучести материала вала. Допустимую стрелку выгиба определяют расчетом, так как место наибольшего изгиба вала часто лежит не в его середине.

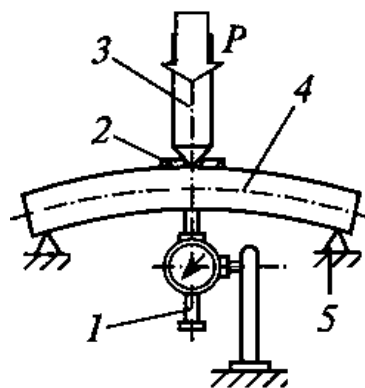


Рисунок 2.5 – Схемы правки вала прессом: 1 – индикатор; 2 – прокладка; 3 – нажимной шток; 4 – вал; 5 – опоры

Недостаток данного метода – это снижение усталостной прочности и пластичности вала, так как в зоне шеек могут развиваться старые и зарождаться новые микро- и макротрещины, а также возможен возврат прогиба.

Операция контрольно- измерительная неотъемлемая часть ремонта распределительного вала, которая предполагает дальнейшую правку вала.



Возможность совмещения этих двух операций очень наглядна, т.к. мы сконструируем приспособление таким образом, чтоб одна операция не мешала проведению другой. После замера биения, наносятся метки на местах правки вала, и возможно тут же, не перенося деталь с места на место, его исправить со снижением погрешности правки. При этом мы значительно улучшим многие показатели.

### 2.6.2 Конструирование корпуса приспособления

Если на контрольно-измерительный прибор установить пресс, можно сократить время, на перемещение детали, и точность устранения дефекта возрастет.

Начнем с того, что возьмем за основу обычный контрольно-измерительный прибор с часовым индикатором, цена деления, которого составляет 0,01 мм (Схема представлена на рис. 3.6). Вал устанавливается на станке и проверяют биение (проворачивая вал) индикатором. После этого размечают место правки на вогнутой части.

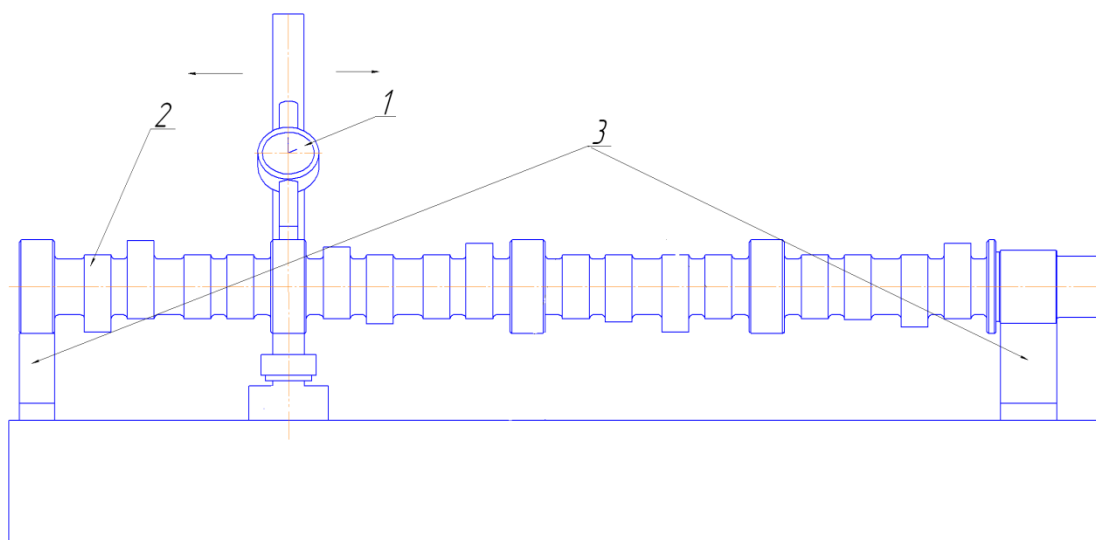


Рисунок 2.6 – Контрольно-измерительный прибор: 1 – часовой индикатор; 2 – распределительный вал; 3 – призмы опорные.

Вал устанавливается в призмы для проведения измерений. Стрелками показано направления движения часового индикатора.

Часовой индикатор крепится на стойке, которая в свою очередь устанавливается и фиксируется на плите. Перемещается индикатор с помощью раздвижного механизма. Стойка может поворачиваться на  $360^\circ$ , и индикатор может перемещаться по валу, измеряя его биение в любой точке.

На рис. 2.7. представлен вид сбоку. Для крепления на столе контрольно-измерительного прибора, в основании необходимо сделать отверстие для вкручивания шпильки. Для данного приспособления подойдет шпилька  $M42 \times 3,5$ .

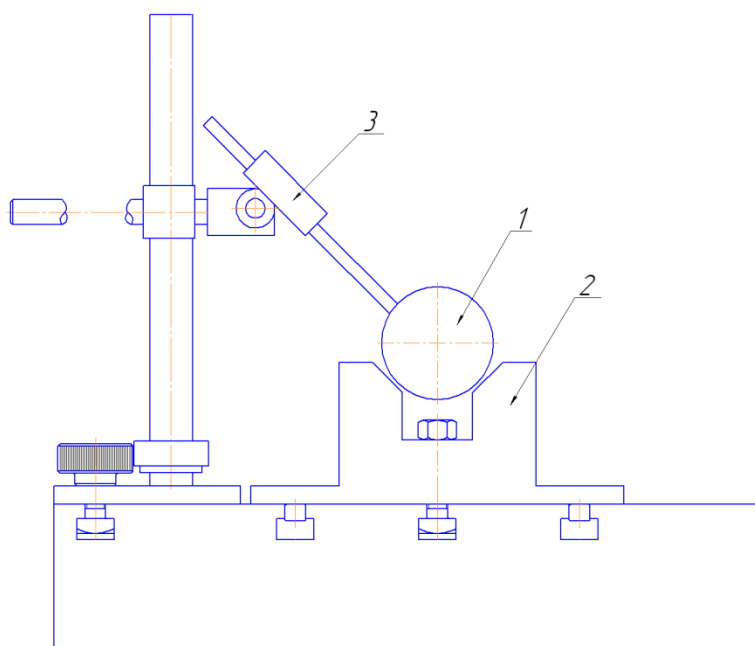
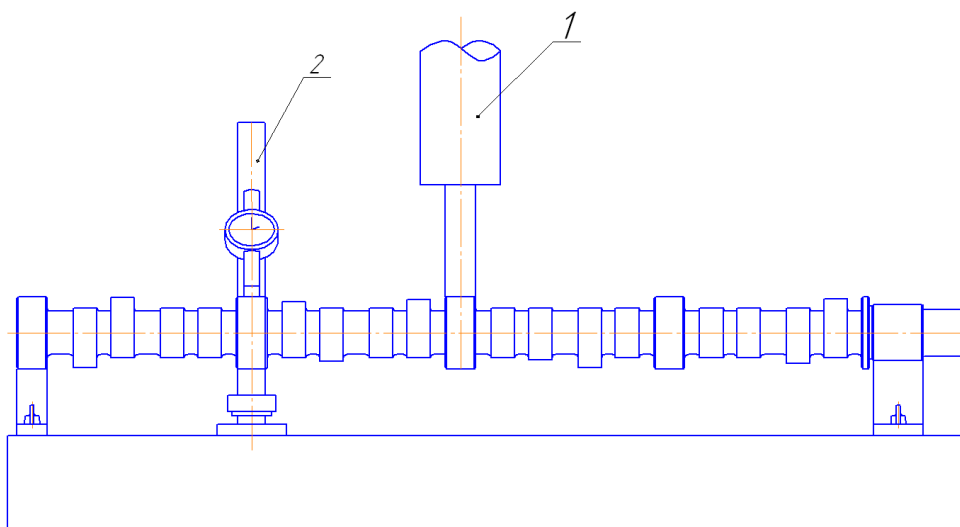


Рис. 2.7 – Контрольно-измерительный прибор (вид сбоку): 1 – распределительный вал; 2 – призмы опорные; 3 – часовой индикатор

Для реализации совмещения гидравлического пресса с контрольно-измерительным приспособлением сделаем следующие. Гидравлический пресс установим на стол, таким образом, чтоб он не мешал установки вала в призмы. Шток пресса же должен располагаться непосредственно сверху над распределительным валом (рис. 2.8).



*Рис. 2.8 – Схема модифицированного приспособления для измерения и правки прогиба распределительного вала: 1 – шток пресса; 2 – стойка часового индикатора.*

Правка валов изгибом на прессах предопределяет базирование их на опорах (призмах). Структура этой операции представляет собой сочетание некоторого количества основных и вспомогательных переходов и метод их выполнения. Это выполнение обеспечивает перевод валов, подвергаемых правке, из неопределенного пространственного состояния в одно заданное устойчивое различимое положение. При этом реализуются две качественно различные стадии – первичное и вторичное ориентирование – и две разновидности структур, характерных для этих стадий.

Выполнение операции первичного пространственного ориентирования обеспечивает перевод вала в первое устойчивое положение, при котором его выпуклая сторона обращена в сторону бойка, а линия, проходящая через центр контролируемого сечения и экстремальную точку прогиба совпадает с геометрической осью указанного бойка. При вторичном пространственном ориентировании вал переводится из вышеупомянутого положения в заданное различимое для совершения режима упруго – пластического изгиба.

При первичном ориентировании перевод вала из неопределенного положения (по отношению к рабочему инструменту и другим элементам технологической системы агрегата) в одно из устойчивых осуществляется его

вращением вокруг геометрической оси. При вторичном ориентировании вал претерпевает линейное перемещение под механическим воздействием бойка. То есть, каждая из двух рассматриваемых структур операции базирования обеспечивает пространственный перевод вала из неопределенного положения в одно заданное по-разному.

Качественно одна структура операции базирования отличается от другой законом (видом) пространственного перемещения и временем ее выполнения.

Повышение точности ориентации вала, снижение погрешностей измерения величины исходного прогиба и задания требуемого усилия правки сократит число повторных правок и в свою очередь повысит производительность агрегата.

Таким образом, качество правки деталей по схеме свободного изгиба на двух опорах будет определяться точностью измерения исходного прогиба детали, компенсацией упругой отдачи ее материала, точностью ориентации детали в необходимое для правки положение (экстремальной точкой прогиба непосредственно под боек прессы) и точностью базирования детали для последующего нагружения усилием поперечного изгиба, точностью линейного перемещения рабочего инструмента на заданную величину.

Базирование распределительного вала происходит по двум точкам. Одна из которых приходится на переднюю шейку, а другая на заднюю. Базы изображены на рис 2.9.

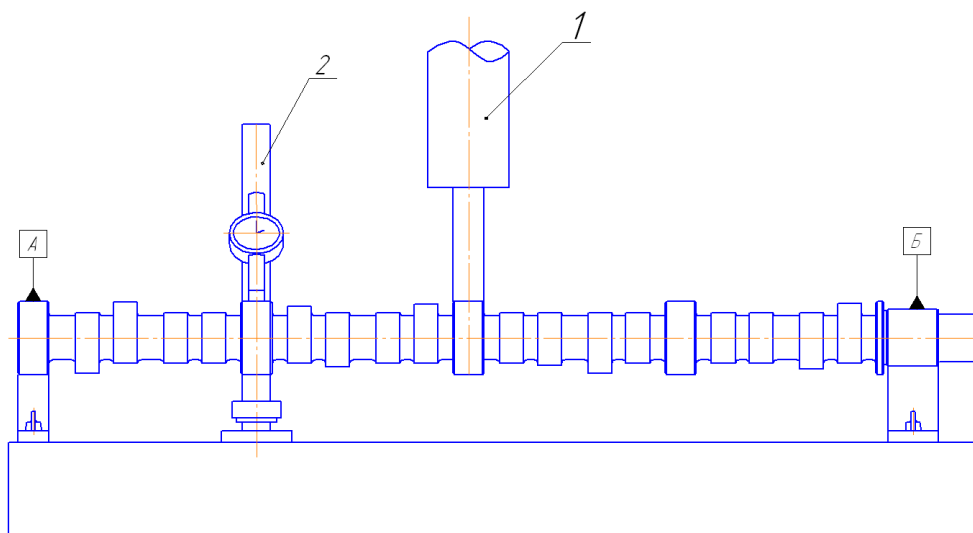


Рисунок 2.9 – Схема базирование распределительного вала в призмах

### 2.6.3 Расчет на точность проектируемого приспособления

Погрешность установки приспособления на станке  $\varepsilon_y$  зависит от смещений или перекосов корпуса приспособления на столе. Смещение и перекосы возникают из-за зазоров между сопрягаемыми поверхностями приспособления и станка. Для уменьшения зазоров рекомендуется повышать точность посадочных мест приспособления, разность на корпусе ориентирующего его элементы и подогнать посадочные места к станку. В массовом производстве при использовании одного приспособления и неизменном его закреплении погрешность установки может быть частично или полностью устранена настройкой станка.

В серийном производстве при частой переустановке приспособления на  $\varepsilon_y$  влияют износ и повреждение сопрягаемых поверхностей. При соблюдении требований к смене приспособлений и правильном выборе зазоров в сопряжениях, в нашем случае  $\varepsilon_y=0,02$  мм.

Погрешность положения детали из-за износа элементов приспособления  $\varepsilon_u$ . На износ влияют размеры и конструкция установочных элементов, материалов и масса обрабатываемой детали, состояние ее базовых поверхностей. Наиболее интенсивно изнашиваются опоры с точечным и

линейным контактами, наименее – опорные пластины с большими поверхностями контакта.

Приблизленно износ установочных элементов может определяться по формуле:

$$U = U_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4,$$

где  $U_0$  – средний износ установочных элементов;  $k_1, k_2, k_3, k_4$  – соответственно коэффициенты, учитывающие влияния материала заготовки, оборудования, условий обработки и числа установок заготовки.

$$U = 8 \cdot 0,97 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 2,8 = 21,728 \text{ мкм}$$

Погрешность износа определяется по следующей формуле:

$$\varepsilon_{\text{и}} = \frac{U}{\sin \alpha} = \frac{21,728}{0,7} = 31,04 \text{ мкм}$$

*Установка ступенчатых цилиндрических изделий на две узкие призмы*

Этот метод установки применяется для длинных ступенчатых валов.

При конструировании приспособлений  $l_2$  назначают как можно большим.

Предположим  $d$  – номинальный,  $D$  – наименьший, тогда вторая ступень опустится и ось наклонится на угол  $\gamma$ . Нужно править прогиб вала  $h$ .

$$\varepsilon_h = \frac{TD}{2 \sin \alpha / 2}; \quad \varepsilon_h = \frac{5,4}{0,26} = 20,7 \text{ мкм}$$

$$\varepsilon_{h1} = \varepsilon_h + l_1 \text{tg} \gamma; \quad \text{tg} \gamma = \frac{\varepsilon_h}{l_2};$$

$$\varepsilon_{h1} = 0,2077 + 48,8 \cdot 0,0003 = 22,2 \text{ мкм}$$

$$\varepsilon_{h2} = \varepsilon_h - (L - l_1) \text{tg} \gamma = \varepsilon_h \left( 1 - \frac{L - l_1}{l_2} \right);$$

$$\varepsilon_{h2} = 0,0207 \left( 1 - \frac{354 - 48,8}{677} \right) = 0,0114 \text{ мм} = 11,4 \text{ мкм}$$

### 3. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность, ресурсосбережение

#### 3.1 Исходные данные

Направление деятельности участка – оказание автовладельцам услуг по ремонту двигателей и агрегатов автомобилей высокого качества по приемлемой цене.

Целью является удовлетворение потребности населения в качественном ремонте двигателей и агрегатов легковых и грузовых автомобилей.

В качестве необходимых исходных данных выступают:

- производственная программа – 3 000 шт.
- площадь участка – 144 м<sup>2</sup>;
- штатное число рабочих – 8 человек;
- число рабочих дней в году – 305 дней;
- продолжительность работы участка – 12 часов;
- число смен – 2 (по 6 часов).

#### 3.2 Расчет единовременных капитальных затрат

В качестве капитальных затрат ( $K_{np}$ ) на создание агрегатно-механического участка, выступают затраты, связанные с приобретением и строительством основных производственных фондов (ОПФ). Таким образом, на данном этапе необходимо учесть все затраты, направленные на приобретение основного технологического и вспомогательного оборудования, инструментов и приспособлений, которые относят к основным фондам (по критерию стоимости и сроку службы), станков, хозяйственного инвентаря, необходимых для осуществления основной деятельности участка.

Затраты на приобретение производственных площадей ( $Z_{пл}$ ) могут быть определены следующим образом:

$$Z_{пл} = S_{общ} \cdot C_{пл} = 144 \cdot 26100 = 3758400 \text{ руб.}$$

где  $S_{общ}$  – общая потребность в площади, необходимой для работы участка, м<sup>2</sup>.

$C_{пл}$  – рыночная стоимость 1 м<sup>2</sup> площади.

По данным Минстроя на 2018 год нормативная цена квадратного метра установлена для Кузбасса - 37 200 рублей.

Таблица 3.1 – Необходимое оборудование и инструмент

Наименование	Количество, шт.	Стоимость, руб.	Габаритные размеры, м	Потребляемая мощность, кВт	Нормативный срок службы, лет
Токарный станок с ЧПУ СКЕ 6156Z		947 000	2580×1750	5	10
Высокоскоростной полуавтоматический шлифовальный станок для обработки распределительных валов MBS8312×12		700 000	4400×2450	11	15
Пресс гидравлический для правки коленчатых, распределительных валов и др. CP150		300 000	200×70	1,2	10
Верстак слесарный ВС-3МФ-ТДД-Э		43 000	1900×720	-	10
Горизонтальный фрезерный станок 6Т83		1 350 000	2570×2252	4	15
Комплекс высокоскоростного газопламенного оборудования SB-500		1 000 000	1400×2000	7,5	15
Ультразвуковая установка УЗО-300		200 000			
Установка для мойки деталей и узлов		22 500	810x510	1,2	7
Стол для приспособлений		12 000	1200×600	-	8
Шкаф для инструмента		45 000	670×630	-	8
Итого:		4 419 500 руб.			

Таким образом, общая стоимость основных средств представляет собой сумму капитальных затрат на осуществление проекта по созданию участка.

Общая сумма: 8 177 900 руб.



### 3.3 Определение текущих издержек

Под текущими понимают издержки, связанные с осуществлением основной деятельности участка. Наиболее приемлемым в данном случае будет определение сметы затрат на год. Смета затрат – укрупненная группировка всех издержек по 4 основным экономическим элементам:

1. Материальные затраты
2. Амортизационные отчисления
3. Фонд оплаты труда
4. Прочие затраты

#### 3.3.1 Определение суммы материальных затрат

В этот элемент включаются все затраты, связанные с приобретением основных материалов и запасных частей для проведения ремонта и обслуживания автомобилей, с закупкой складских запасов, приобретением смазочных и других расходных материалов, инструментов и приспособлений, относимых к категории оборотных средств, затраты на электроэнергию и отопление участка.

Материальные затраты на приобретение оборудования и инструмента приведены в таблице 4.1 и составляют:

$$MЗ_{\text{оборудование}} = 4\,419\,500 \text{ руб.}$$

Материальные затраты на электроэнергию рассчитываются следующим образом:

Затраты на электроэнергию от использования электрооборудования:

$$\begin{aligned} MЗ_{\text{эл.эн.об.}} &= C_{\text{эл.эн.}} \cdot \sum N_{\text{эл.об.}} \cdot T_{\text{сут.}} \cdot K_{\text{и.}} \cdot D_{\text{р.}} = 1,99 \cdot 29,9 \cdot 12 \cdot 0,8 \cdot 305 = \\ &= 174\,218,93 \text{ руб.} \end{aligned}$$

где  $C_{\text{эл.эн.}} = 1,99 \text{ руб.}$  - стоимость 1 кВт/ч электрической энергии;

$\sum N_{\text{эл.об.}} = 29,9 \text{ кВт}$  - суммарная мощность, потребляемая электрооборудованием;

$T_{сут.} = 12$  часов – суточное количество часов работы оборудования;

$K_u = 0,8$  – коэффициент использования оборудования;

$D_p = 305$  дней – количество рабочих дней в году.

Затраты на электроэнергию от освещения помещения участка:

Для освещения участка используются лампы DIN 5035 мощностью 0,25 кВт, 12 шт.

$$MЗ_{эл.эн.осв.} = C_{эл.эн.} \cdot N_{осв.} \cdot T_{сут.} \cdot D_p = 1,99 \cdot 3 \cdot 12 \cdot 305 = 21\ 850 \text{ руб.}$$

где  $C_{эл.эн.} = 1,99$  руб. - стоимость 1 кВт/ч электрической энергии;

$\sum N_{осв.} = 3$  кВт – суммарная мощность, необходимая для освещения участка;

$T_{сут.} = 12$  часов – суточное количество часов работы освещения.

$D_p = 305$  дней – количество рабочих дней в году.

Затраты на отопление участка:

Отопительный сезон в Новосибирской области 7 месяцев.

$$MЗ_{отопл.} = A_y \cdot C_{отопл.} \cdot D_{отопл.} = 144 \cdot 28,39 \cdot 7 = 28\ 617,2 \text{ руб.}$$

где  $A_y = 144$  м<sup>2</sup> – площадь участка;

$C_{отопл.} = 28,39$  руб. – цена за отопление 1 м<sup>2</sup> участка;

$D_{отопл.} = 7$  месяцев – отопительный сезон.

Подведем итог суммарных материальных затрат:

$$MЗ = MЗ_{оборудование} + MЗ_{эл.эн.об} + MЗ_{эл.эн.осв} + MЗ_{отопл.} = 4\ 419\ 500 + 174\ 218,93 + 21\ 850 + 28\ 617,2 = 4\ 644\ 186,13 \text{ руб.}$$

### 3.3.2 Фонд оплаты труда

Для определения суммы затрат по этому элементу необходимо предварительно рассмотреть следующие вопросы:

$$F_d = K_d \times K_{см} \times t_{см} \times (1 - k_{пр}),$$

где  $K_d$  – количество рабочих дней в году;  $K_{см}$  – количество смен в сутки,  $t_{см}$  – продолжительность смены, часов;  $k_{пр}$  – коэффициент потерь времени на ремонт оборудования.

Исходя из количества задействованного оборудования и режима работы участка, необходимо определить количество основного персонала, а также вспомогательных рабочих и административного персонала, составляющего штат участка. На основании этого составить штатное расписание с указанием сложности выполняемых работ.

На следующем этапе для каждого работника участка рассчитывается размер заработной платы в зависимости от выбранной формы оплаты труда (выбор производится студентом самостоятельно, форма оплаты всех сотрудников может быть одинаковой).

Таким образом, затраты по элементу «Расходы на оплату труда (все виды оплаты труда и другие выплаты)» включают в себя заработную плату, начисленную по сдельным расценкам, тарифным ставкам и должностным окладам в соответствии с формами и системами оплаты труда, принятыми на предприятии; стоимость продукции, выдаваемой в порядке натуральной оплаты; надбавки и доплаты; премии за достижение производственных результатов; оплату очередных и дополнительных отпусков; надбавки по районным коэффициентам и т.п.

Таблица 3.2 – Должности и оклад работников участка

Должность	Количество, человек	Месячный оклад, руб.
работники участка		
Токарь 6-го разряда	2	31000
Слесарь механосборочных работ 5-го разряда	2	25000
Слесарь 6-го разряда	2	28000
дополнительные рабочие		
Мастер	1	15%ФОТ <sub>осн</sub>
МОП	1	10%ФОТ <sub>осн</sub>

Фонд оплаты труда определяется:

Для токаря 4-го разряда:

$$ФОТ_{ток.} = ЗП_i \cdot 12 \cdot n_{чел.} = 31000 \cdot 12 \cdot 2 = 744\ 000 \text{ руб.}$$

где  $ЗП$  – заработная плата за месяц работника участка, руб;

$12$  – число рабочих месяцев в году;

$n_{чел}$  – количество людей одной специальности.

Для слесаря 5-го разряда:

$$\Phi OT_{сл.4рз.} = ЗП \cdot 12 \cdot n_{чел.} = 25000 \cdot 12 \cdot 2 = 600\ 000 \text{ руб.}$$

где  $ЗП$  – заработная плата за месяц работника участка, руб;

$12$  – число рабочих месяцев в году;

$n_{чел}$  – количество людей одной специальности.

Для слесаря 6-го разряда:

$$\Phi OT_{сл.5рз.} = ЗП \cdot 12 \cdot n_{чел.} = 28000 \cdot 12 \cdot 2 = 672\ 000 \text{ руб.}$$

где  $ЗП$  – заработная плата за месяц работника участка, руб;

$12$  – число рабочих месяцев в году;

$n_{чел}$  – количество людей одной специальности.

Так же необходимо учесть ФОТ для вспомогательных рабочих и управленческого персонала.

Зарплата бригадира принимается в размере 15% от ФОТ рабочих участка:

$$\Phi OT_{бриг.} = 0,15 \cdot \Phi OT_{осн} = 0,15 \cdot 2\ 016\ 000 = 302\ 400 \text{ руб.}$$

Зарплата МОП принимается в размере 10% от ФОТ рабочих участка:

$$\Phi OT_{МОП.} = 0,1 \cdot \Phi OT_{осн} = 0,1 \cdot 2\ 016\ 000 = 201\ 600 \text{ руб.}$$

Общий годовой фонд оплаты труда может быть определен следующим образом:

$$\begin{aligned} \Sigma \Phi OT_{год} &= \Sigma(ЗП_i) = 744\ 000 + 600\ 000 + 672\ 000 + 302\ 400 + 201\ 600 = \\ &= 2\ 520\ 000 \text{ руб.} \end{aligned}$$

где  $ЗП_i$  – годовая заработная плата по  $i$ -ой должности участка, руб.

### 3.3.3 Амортизационные отчисления

Данный элемент включает в себя сумму накопленной амортизации по всем основным средствам, находящимся в собственности предприятия: площадей, оборудования, транспорта и т.п. Таким образом, затраты по элементу «Суммы начисленной амортизации» определяются на основе первоначальной (балансовой) стоимости фондов и действующих норм

амортизационных отчислений. Износ начисляется как на собственные основные фонды, так и на арендованные (если иное не предусмотрено договором аренды).

Годовая норма амортизации ( $H_a$ ) и сумма годовых амортизационных отчислений ( $A_o^{год}$ ) рассчитываются линейным методом по следующим формулам:

$$H_a = 100\% / T_{cl},$$

$$A_o^{год} = (\Phi_{перв} \times H_a) / 100\%$$

где  $T_{cl}$  – нормативный срок службы объекта основных средств, лет.

$\Phi_{перв}$  – первоначальная стоимость объекта основных средств, руб.

Таблица 3.3 – Амортизационные отчисления ОПФ

Наименование основных средств	Количество, шт.	Нормативный срок службы, лет	Норма амортизации, %	Сумма амортизационных отчислений, руб.
Токарный станок с ЧПУ СKE 6156Z	1	10	10	94 000
Высокоскоростной полуавтоматический шлифовальный станок для обработки распределительных валов MBS8312×12	1	15	6,7	104 480
Пресс гидравлический для правки коленчатых, распределительных валов и др. CP150	1	10	10	30 000
Верстак слесарный BC-3MФ-ТДД-Э	1	10	10	4 300
Горизонтальный фрезерный станок 6T83	1	15	6,7	201 493
Комплекс высокоскоростного газопламенного оборудования SB-500	1	15	6,7	149 255
Ультразвуковая установка УЗО-300	1			
Установка для мойки деталей и узлов	1	7	14,3	1 574
Стол для приспособлений	1	8	12,5	960
Здание	1	40	2,5	80 250

### 3.3.4 Прочие затраты

Затраты по элементу «Прочие расходы» включают в себя разнообразные и многочисленные расходы предприятия: налоги и сборы, отчисления в специальные фонды, платежи по обязательному страхованию имущества и за загрязняющие выбросы в окружающую среду, оплату процентов по кредитам, командировочные и представительские расходы, отчисления в ремонтный фонд, расходы на рекламу, плату за аренду, расходы на спецодежду рабочих, расходы на содержание и эксплуатацию основных средств, накладные расходы на управление предприятием в целом и пр.

В прочие расходы включаются также отчисления на социальные нужды (единый социальный налог), которые представляют собой форму перераспределения национального дохода на финансирование общественных потребностей. Начисленные средства направляются во внебюджетные фонды и используются на предусмотренные законом цели. Тарифы страховых взносов ежегодно утверждаются в федеральном законе (единый социальный налог – 26 % от уровня ФОТ).

Затраты на ремонт и обслуживание оборудования - 10% от стоимости оборудования:

$$ПЗ_{рем} = МЗ_{обор} \cdot 10/100\% = 4\,419\,500 \cdot 10/100\% = 441\,950 \text{ руб.}$$

где  $МЗ_{обор}$  - материальные затраты на приобретение оборудования.

Затраты на вывоз отходов:

$$ПЗ_{отх} = A_y \cdot Ц_{отх} \cdot 12 = 144 \cdot 1,05 \cdot 12 = 1777 \text{ руб.}$$

где  $A_y = 144 \text{ м}^2$  – площадь участка;

$Ц_{отх} = 1,05$  – тариф на вывоз отходов за 1  $\text{м}^2$ , в месяц;

12 – число рабочих месяцев в году.

Единый социальный налог ЕСН – 26%:

$$ЕСН = \Sigma \text{ФОТ}_{\text{год}} \cdot 26/100\% = 2\,520\,000 \cdot 26/100\% = 655\,200 \text{ руб.}$$

Затраты на обслуживание и мелкий ремонт помещения – 10% от ФОТ:

$$ПЗ_{обсл} = \Sigma \Phi OT_{год} \cdot 10 / 100\% = 2\,520\,000 \cdot 10 / 100\% = 252\,000 \text{ руб.}$$

Затраты на расходные материалы:

$$ПЗ_{расх} = 160\,000 \text{ руб.}$$

Суммарные прочие расходы составят:

$$ПЗ_{общ} = ПЗ_{рем} + ПЗ_{отх} + ЕСН + ПЗ_{обсл} + ПЗ_{расх} = 1\,510\,927 \text{ руб.}$$

Сумма затрат по всем 4 экономическим элементам представляет собой смету затрат на осуществление основной деятельности проектируемого участка за год. Результаты расчетов можно свести в таблицу 3.4.

Таблица 3.4 – Смета затрат участка

Экономический элемент	Размер затрат, руб
1. Материальные затраты, в том числе:	<b>4 644 186,13</b>
1.1 Покупка оборудования и инструмента	4 419 500
1.2 Технологическая энергия	174 218,93
1.3 Энергия на освещение	21 850
1.4 Отопление	28 617,2
2. Амортизация основных средств, в том числе:	<b>666 312</b>
2.1 Здания	80 250
2.2 Оборудования и инструмента	586 062
3. Фонд оплаты труда, в том числе	<b>2 520 000</b>
3.1 Токарь	744 000
3.2 Слесарь 5- го разряда	600 000
3.3 Слесарь 6-го разряда	672 000
3.4 Мастер	302 400
3.5 МОП	201 600
4. Прочие	<b>1 510 927</b>
<b>Итого:</b>	<b>9 337 908,13</b>

Таким образом, зная производственную программу ( $N_{год}$ ) и годовую смету затрат ( $S_{\Sigma}$ ), можно определить удельную себестоимость услуги следующим образом:

$$C_y = S_{\Sigma} / N_{год}$$

$$C_y = 9\,337\,908 / 3\,000 = 3\,110 \text{ руб.}$$

### 3.4 Определение финансовых показателей деятельности проектируемого участка

Рыночная цена ( $C_p$ ) на ремонт распределительного вала, составляет от 11 500 рублей. Исходя из этих данных, можно произвести расчет плановой удельной прибыли ( $\Pi_y$ ) от оказания рассматриваемой в проекте услуги, а также величину плановой годовой прибыли участка ( $\Pi_{\Sigma год}$ ) по формулам:

$$\Pi_y = C_p - C_y,$$

$$\Pi_y = 11\,500 - 3\,110 = 8\,390 \text{ руб.}$$

$$\Pi_{\Sigma год} = \Pi_y \times N_{год},$$

$$\Pi_{\Sigma год} = 8\,390 \cdot 500 = 4\,195\,000 \text{ руб.}$$

На основании полученных результатов можно определить уровень расчетной рентабельности как одного ремонта распределительного вала, так и деятельности участка в целом по следующим формулам:

$$R_{\text{кан.р}} = \Pi_y \cdot 100\% / C_y,$$

$$R_{\text{кан.р}} = 8\,390 \cdot 100\% / 3\,110 = 44,7\%$$

$$R_{\text{общ}} = \Pi_{\Sigma год} \cdot 100\% / K_{\text{пр}},$$

$$R_{\text{общ}} = 4\,195\,000 \cdot 100\% / 8\,177\,900 = 51,4\%$$

где  $K_{\text{пр}}$  – капитальные затраты на осуществление проекта по организации участка.

Необходимо отметить, что эти расчеты проводятся исходя из заданной производственной программы или максимально возможной производственной программы, определяемой имеющимися производственными мощностями. Таким образом, полученная рентабельность показывает ее максимально возможную величину.



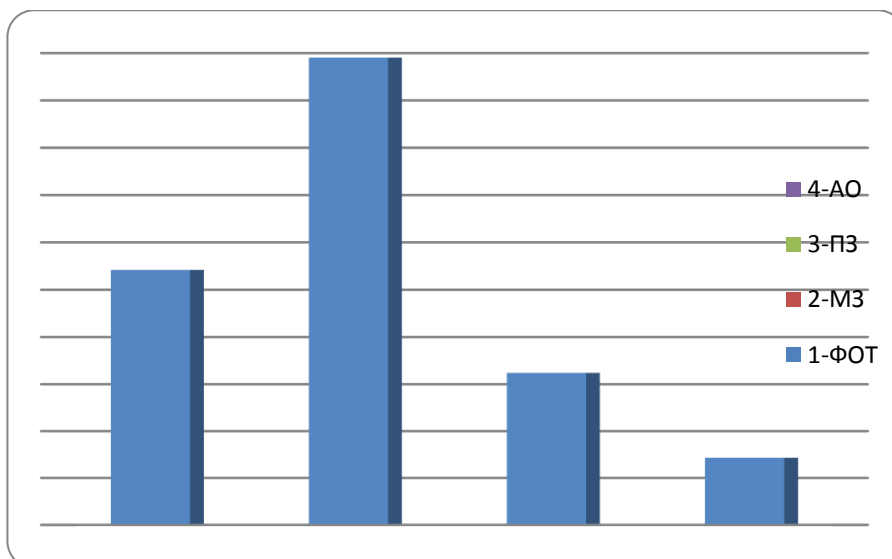


Рисунок 3.1 – диаграмма структуры сметы затрат.

Определим показатели экономической эффективности капитальных вложений. Основными показателями, отражающими эффективность можно назвать срок окупаемости капитальных вложений, а также величину годового экономического эффекта от внедрения предлагаемых проектных решений.

В качестве эффекта может выступать прибыль, полученная в результате осуществления основной деятельности участка.

В качестве капитальных вложений будут выступать затраты на покупку производственных площадей и на покупку оборудования и инструмента.

Таким образом, срок окупаемости капитальных вложений ( $T_{ок}$ ) может быть определен следующим образом:

$$T_{ок} = K_{пр} / П_{\Sigma год},$$

$$T_{ок} = 8\,177\,900 / 4\,195\,000 = 1,9 \text{ лет.}$$

Величину годового экономического эффекта ( $\mathcal{E}_{год}$ ) можно определить следующим образом:

$$\mathcal{E}_{год} = П_{\Sigma год} - E_{норм} \cdot K_{пр},$$

$$\mathcal{E}_{год} = 4\,195\,000 - 0,16 \cdot 8\,177\,900 = 2\,886\,536 \text{ руб.}$$

где  $E_{норм}$  – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений (принимается равным 0,16) [34].

## 4. Социальная ответственность

### 4.1 Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды

#### 4.1 Описание рабочего места

Производительность труда и самочувствие рабочих при выполнении работ определяются условиями труда (ГОСТ 12.0.003-2015), которые характеризуются параметрами микроклимата на рабочем месте, состоянием производственного освещения (СП 52.13330.2016), уровнем шума (ГОСТ 12.1.003-2014) и вибрации на рабочем месте, наличием в воздухе рабочей зоны (ГОСТ 12.1.005-88) пыли и токсичных примесей.

Работы по восстановлению распределительных валов выполняются на производственном участке площадью 144 м<sup>2</sup>. Участок оснащен следующим оборудованием:

- Токарный станок с ЧПУ модели СКЕ 6156Z;
- Горизонтально-фрезерный станок модели 6Т83;
- Круглошлифовальный станок модели МBS8312-12
- Верстаки, шкаф для инструментов.

Газотермическая установка расположена в отдельном помещении, расположенном на участке с целью снижения уровня шума возникающего в результате работы газотермического оборудования.

Токарный, фрезерный и шлифовальный станки расположены на участке, доступ к станкам со всех сторон свободный, рабочие места станочников оборудованы деревянными решетками. Все станки имеют защитное заземление. Рабочая зона закрывается защитными экранами.

Для размещения оснастки и средств технологического оснащения на участке предусмотрены верстаки и стеллажи.

Перемещение грузов осуществляется подъемным устройством, смонтированным на монорельсе.

Вредные факторы – производственные факторы, воздействие которых

может привести к ухудшению состояния здоровья, к профессиональному заболеванию.

При работе оборудования на участке выявлены следующие вредные факторы:

1. Шум – неблагоприятно влияет на человека. Представляет собой беспорядочное сочетание звуков различной интенсивности и частоты. При длительном воздействии шума нарушаются функции не только слухового аппарата, но и центральной нервной системы, сердечнососудистой и других физиологических систем организма человека. Источником шума и вибрации является металлорежущие станки, электродвигатели, краны и т.д.

Шум ослабляет внимание человека, увеличивает расход энергии, замедляет скорость психических реакций, в результате повышается вероятность несчастных случаев.

Предельно допустимый уровень шума на рабочих местах регламентируется Санитарными нормами СН 2.2.4/2.1.8.562-96 "Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки" и составляет 85 Дб.

Для металлорежущих станков используемых на участке с мощностью двигателей от 12,5 до 32 кВт уровень звуковой мощности LP в октавных полосах с различными среднегеометрическими частотами составляет от 91 до 100 дБ.

Для уменьшения величины шума при разработке техпроцесса были выбраны оптимальные режимы, а в качестве индивидуальной защиты для рабочих принимаются наушники противозумные СОМЗ-3 ПУМА.

2. Вибрация – механические колебания упругих тел или колебательные движения механических систем. Вибрацию вызывают неуравновешенные силовые воздействия, возникающие при работе различных машин и механизмов.

По способу передачи телу человека вибрацию подразделяют на общую (действует на весь организм человека через опорные поверхности – пол или

стул) и локальную (действует только на отдельные части тела через руки рабочего).

При действии на организм общей вибрации страдает в первую очередь нервная система и анализаторы: вестибулярный, зрительный, тактильный. Локальная вибрация вызывает спазмы сосудов кисти, предплечий, нарушая снабжение конечностей кровью. Длительное систематическое воздействие вибрации приводит к развитию вибрационной болезни, которая включена в список профессиональных заболеваний.

Нормативные документы: ГОСТ 12.1.012-90 «ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования»; СН 2.2.4/2.1.8.566-96 «Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий»; ГОСТ 12.1.046-78. «ССБТ. Методы и средства вибрационной защиты. Классификация». Документы устанавливают: классификацию вибраций, методы гигиенической оценки, нормируемые параметры и их допустимые значения, режимы труда лиц виброопасных профессий, подвергающихся воздействию локальной вибрации, требования к обеспечению вибробезопасности и к вибрационным характеристикам машин.

С целью уменьшения вибрации металлорежущие станки устанавливаются на виброопоры; около каждого станка для рабочих расположены поддоны на всю длину рабочей зоны, а по ширине – не менее 0,6 м от выступающих частей станка.

3. Запылённость и загазованность воздуха. В соответствии с ГОСТ 12.0.0030 - 74 «ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны относятся к физически опасным и вредным производственным факторам.

Вредные вещества попадают в организм человека через органы дыхания: носоглотку и легкие. Из легких яды всасываются в кровь и разносятся ею по всему организму. Пыль, попадая в организм человека через органы дыхания, тоже оказывает вредное действие.

Основным критерием качества воздуха являются концентрации вредных веществ. Принято выражать содержание загрязняющих веществ в миллиграммах на кубический метр воздуха (мг/м<sup>3</sup>). Существует понятие «Предельно допустимые концентрации» (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны (ГОСТ 12.1.005-88).

Величина ПДК зависит от влияния веществ на здоровье людей и окружающую среду. Вредные вещества по степени воздействия на организм человека разделены на четыре класса опасности (в соответствии с ГОСТ 12.1.007-76 «ССБТ. Вредные вещества. Классификация. Общие требования безопасности»). Микроклимат производственного помещения обработки материалов резанием соответствует СанПиН 2.2.4.548096 и ГОСТ 12.1.005-88.

Обеспечение чистоты воздуха в производственном помещении достигается удалением загрязненного или нагретого воздуха из помещения и подачей в него свежего воздуха, т.е. вентиляцией. В данном технологическом процессе применяется общеобменная приточно-вытяжная вентиляция.

Для обеспечения безопасности органов дыхания рабочих при работе газотермической установки необходимо использовать средства индивидуальной защиты – респиратор. Шлифовальный станок оборудуют защитно-обеспыливающими кожухами.

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

- статические перегрузки – продолжительная работа в неудобной позе, стоя (работа у станка, верстака, стенда, в частности у автомобилей - снятие рулевых тяг).
- динамические перегрузки – подъем и перенос тяжестей, ручной труд (подъем и перенос узлов, агрегатов и различных частей автомобиля).

## 4.2 Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды

На участке выявлены следующие опасные факторы:

1. Электрический ток. Проходя через организм человека электрический ток производит термическое (ожог), электролитическое (разложение жидкости), механическое (разрыв тканей) и биологическое (раздражение, возбуждение живых тканей) действие. Нормативная правовая база в сфере электробезопасности:

Правила устройства электроустановок, ПУЭ; Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей, ПТЭЭП; Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок; Инструкция по СИЗ; ГОСТ Р 12.1.019-2009. Национальный стандарт Российской Федерации. Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты и др.

Для предотвращения поражения электрическим током всё оборудование на участке заземлено, токоведущие провода и кабели изолированы. При возникновении в электрической сети опасности поражения человека током применяются защитно-отключающие устройства. Недоступность токоведущих частей электроустановок обеспечено размещением их на необходимой высоте, ограждением от случайных соприкосновений. Деревянные поддоны так же являются средством защиты от электрического поражения.

2. Движущиеся изделия и механизмы.

При работе металлорежущих станков, пресса, агрегатов и их базовых деталей, при прохождении у работающего оборудования остерегаться отлетающих частиц.

3. Острые кромки.

При обработке металла образуется различного вида стружка (стружка надлома, мелкая стружка, абразивные частицы), при резке металла ножовкой появляются заусенцы.

Опасным является также вдыхание химических веществ в любом виде (газов, паров, аэрозолей). Это приводит к поражению верхних дыхательных путей и к общетоксическому эффекту при всасывании веществ в кровь. При пищевом пути вредные вещества поступают в организм рабочего с водой, пищей и при курении. Он встречается сравнительно редко. Однако из-за опасности острого отравления с весьма тяжелыми последствиями при работе с химическими веществами необходимо постоянное внимание и соблюдение правил личной гигиены.

#### 4.3 Охрана окружающей среды

Воздействие человека на природу, на окружающую среду, не всегда отрицательное ухудшающее и разрушающее природу. Разработанный технологический процесс ремонта распределительного вала не является вредным для окружающей среды, нет значительных выбросов вредных веществ, пыли в атмосферу. Выбросы соответствуют допустимым по ГОСТ 17.2.302–78, поэтому их очистка не предусмотрена. В процессе Отработанные СОЖ необходимо собирать в специальные ёмкости. Водную и масляную фазу можно использовать в качестве компонентов для приготовления эмульсий. Масляная фаза эмульсий может поступать на регенерацию или сжигаться.

Концентрация нефтепродуктов в сточных водах при сбросе их в канализацию должна соответствовать требованиям СНиП II-32-74 «Канализация. Наружные сети и сооружения». Водную фазу СОЖ очищают до ПДК или разбавляют до допустимого содержания нефтепродуктов и сливают в канализацию. Масляная мелкая стружка и пыль сплава по мере

накопления подлежат сжиганию или захоронению на специальных площадках.

#### 4.4 Защита в чрезвычайных ситуациях

ЧС - это нарушение нормальных условий жизнедеятельности людей на определенной территории, вызванное аварией, катастрофой, стихийным или экологическим бедствием.

По характеру ЧС делятся на техногенные и природные. ЧС природного характера это: землетрясения, бури, град, ливни, мороз, наводнения, пожары и др. К техногенным относятся пожары, взрывы, аварии, обрушение зданий и др. Последствия их трудно предсказуемы. Обычно они приводят к большим человеческим жертвам в связи с большой концентрацией рабочих на предприятии.

Наиболее типичной чрезвычайной ситуацией на предприятии является пожар.

Одним из основных способов защиты является своевременный и быстрый вывод или вывод людей из опасной зоны, т.е. эвакуация. Затем намечаются следующие мероприятия: производится расчёт людей, необходимых для проведения эвакуации; устанавливаются мероприятия по безаварийной остановке производства; применяются средства индивидуальной защиты при пожаре: респиратор, аптечка и др.

Превентивные меры по предупреждению пожаров: обеспечение производственных помещений пожарной автоматикой и первичными средствами пожаротушения (огнетушитель), контроль выполнения плановых противопожарных мероприятий.

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.

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.

#### 4.5 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

В Трудовом кодексе РФ устанавливаются правила, процедуры и критерии, направленные на сохранение жизни и здоровья работников в процессе трудовой деятельности.

Государственные нормативные требования охраны труда обязательны для исполнения при производстве машин, механизмов и другого оборудования, разработке технологических процессов, организации производства и труда. Статья 215 ТК РФ определяет соответствие производственных объектов и продукции государственным нормативным требованиям охраны труда.

В соответствии со ст. 225 Трудового кодекса РФ для всех поступающих на работу лиц, а также для лиц, переводимых на другую работу, работодатель обязан проводить инструктаж по охране труда. По характеру и времени проведения инструктажи подразделяется на: вводный; первичный на рабочем месте; повторный; внеплановый; целевой.

В системе обеспечения безопасности жизни и здоровья работников в процессе их трудовой деятельности основная роль принадлежит нормативным правовым актам по охране труда.

#### 4.5 Выводы

В данном разделе были рассмотрены опасные и вредные факторы, влияющие на здоровье, самочувствие работающего и безопасность труда.

Для снижения общей вибрации станки установлены на виброизолирующих опорах.

От механических повреждений стружкой, станки оборудованы стружкопылеприёмниками с вытяжной вентиляцией.

Большинство опасных и вредных факторов удалось устранить или значительно снизить их негативное влияние, однако влияние некоторых вредных факторов не удалось предотвратить, таких как шум, издаваемый движущимися органами станков.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Данная выпускная квалификационная работа на тему: «Разработка технологии восстановления деталей автомобилей и тракторов с последующим упрочнением пластическим деформированием» содержит теоретический анализ и инженерные расчеты, связанные с разработкой технологического процесса восстановления распределительного вала двигателя КамАЗ-740, на основании которых разработана технология восстановления соответствующая современному уровню развития науки и техники.

В технологической части были подробно рассмотрены способы восстановления деталей, что помогло в выборе более рационального способа по многим показателям.

В конструкторской части спроектировано приспособление, которое сочетает в себе контрольно-измерительный прибор (измерять величину прогиба вала) и прессовую установку, что поможет мастерам в дальнейшем сократить время на 2 эти операции, сэкономять место на участке восстановления и более точно устранять дефекты. Так же это приспособление было рассчитано на точность по следующим показателям:

- установки приспособления на станок;
- положения детали из-за износа элементов приспособления;
- установка ступенчатых цилиндрических изделий на две узкие призмы.

В экономической части проекта выполнено экономическое обоснование эффективности разработанного метода восстановления распределительного вала.

В разделе «Социальная ответственность» были разработаны обеспечения по безопасности труда на участке напыления. Был проведен анализ опасных и вредных факторов, предложены способы защиты от производственного шума, разработаны методы по пожарной безопасности и произведен расчет вентиляции на проектируемом участке.

### Список использованной литературы:

1. Авдеев М.В. и др. Технология ремонта машин и оборудования – М.: Агропромиздат, 1986 – 247с.
2. Анохин В.И. Отечественные автомобили. М.: Машиностроение, 1968. – 831 с.
3. Антонюк В.Е. Конструктору станочных приспособлений. Справочное пособие. – Мн.: Белорусь, 1991, 400 с.
4. Анурьев В.Н. Справочник конструктора машиностроения ТОМ-1 – М.: Машиностроение, 1982.
5. Барун В.Н. Автомобили КамАЗ. Техническое обслуживание и ремонт- 2-е изд.- М.: Транспорт, 1988 – 352 с.
6. Волгин В.В. Автосервис. Маркетинг и анализ: Практическое пособие – 2-е изд.- М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К», 2005- 496 с.
7. Горбачевич А.Ф., Шкред В.А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: Учебное пособие для вузов- 5-е изд.- М.: ООО ИД «Альянс»- 2007-256с.
8. Грановский Г.И., Грановский В.Г. Резание металлов. – М.: Высш. Шк., 1985. – 304 с.
9. Гуревич Я.Л. и др. Режимы резания труднообрабатываемых материалов. Справочник. -2 –е изд. – М.: Машиностроение, 1986, 240 с.
10. Есенберлина Р.Е., Капитальный ремонт автомобилей. Справочник. - М.: Транспорт, 1989-335 с.
11. Жедь В.П., Боровский Г.В., Музыкант Я.А., Ипполитов Г.М. Режущие инструменты и их применение: Справочник. – М.: Машиностроение, 1987. – 320 с.
12. Зленко А.Ф., Кулаков А.Т. Технологические карты текущего ремонта и агрегатов автомобилей КамАЗ. Министерство Автомобильного транспорта РСФСР Центравтотех, М.: «Политекс», 1992 – 236 с.

13. Карагодин В.И., Митрохин Н.Н. Ремонт автомобилей и двигателей, 2-е изд. М.: Академия, 2003 – 496с.
14. Каталог деталей и сборочных единиц автомобилей КамАЗ типа 6×4. Том 1. М.: «Политекс», 1993- 416 с.
15. Коробейник А.В. Ремонт автомобилей. Теоретический курс. Ростов-н-Д.: Феникс, 2004- 283с.
16. Косилова А.Г., Мещерякова Р.К. Справочник технолога-машиностроителя в 2-ух томах. Том 1. - М.: Машиностроение. 1986.
17. Корсаков В.С. Основы конструирования приспособлений. Учебник для вузов. 2-ое изд. – М.: Машиностроение, 1993, 277 с.
18. Кузнецов Б.А., Ваганова Т.Н. Краткий автомобильный справочник. – 10-е изд. – М.: Транспорт, 1985. – 220 с.
19. Кузнецов Е.С., Воронов В.П. и др. Техническая эксплуатация автомобилей: Учебник для вузов, 3-е изд. М.: Транспорт, 1991 – 413 с.
20. Молодык Н.В., А.С. Зенкин. Восстановление деталей машин. Справочник. – М.: Машиностроение, 1989.-480 с.
21. Морозов И.М., Гузеев И.И. Технологическое нормирование операций механической обработки деталей: Учебное пособие – Челябинск, Изд. ЮУрГУ, 2003 – 63 с.
22. Мягков В.Д. Краткий справочник конструктора. 2-ое изд. – Л.: Машиностроение, 1975, 389 с.
23. Напольский Г.М. Технологическое проектирование автотранспортных предприятий и станций технического обслуживания: Учебник для вузов.- М.: Транспорт, 1985- 231 с.
24. Напольский Г.М., Солнцев А.А. Технологический расчет и планировка станций технического обслуживания автомобилей: Учебное пособие к курсовому проектированию. МАДИ (ГТУ) – М., 2003 - 53 с.
25. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемых на универсальных и многоцелевых станках. Часть 2.- М.: Экономика, 1980, 473 с.

- 26.Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ на металлорежущих станках. Часть 1, 2-е изд.- М.: Машиностроение, 1974.
- 27.Пантелеенко, Ф.И., Лялякин В.П. Восстановление деталей машин. – М.: Машиностроение, 2003.- 672 с.
- 28.Петросов В.В. Ремонт автомобилей и двигателей: Учебник для вузов. – М.: Издательский центр «Академия», 2005. – 224 с.
- 29.Постановление №196/12-5 от 7 июля 1980г. Типовые нормы времени на ремонт грузовых автомобилей марок МАЗ, КамАЗ, КрАЗ. 89 с.
- 30.Родичев В.А. Грузовые автомобили. – М.: Издательский центр «Академия», 2007. -24 0с.
- 31.Румянцев С.И. Ремонт автомобилей: Учебник для автотранспортных техникумов. – М.: Транспорт, 1988. – 327 с.
- 32.Румянцев С.И, Синельников А.Ф. Техническое обслуживание и ремонт автомобилей. – М.: Машиностроение, 1989. – 272 с.
- 33.Руководство по ремонту и техническому обслуживанию автомобилей КамАЗ. М.: Машиностроение, 2007- 147 с.
- 34.Семакина Г.А. Организационно-экономическая часть дипломных проектов. Методические указания для студентов очного и заочного отделения МТФ, обучающихся по специальности 190603. – Новосибирск, 2008- 16 с.
- 35.Титурин Б.А., Старостин Н.Г. Ремонт автомобилей КамАЗ.-Л.: Агропромиздат. Ленингр. отделение, 1987 – 288 с.
- 36.Улашкин А.П., Тузов Н.С. Курсовое проектирование по восстановлению деталей: Учебное пособие. – Хабаровск: Издательство Хабар. Гос. Тех. Ун-та, 2003. – 146 с.
- 37.Харламов Т.А, Тараканов А.С. Припуски на механическую обработку. Справочник. М.: Машиностроение, 2006 - 256 с.
- 38.Хасуи А., Мorigаки О. Наплавка и напыление / Пер. с яп. Попова В.Н. – М.:Машиностроение, 1985. – 240 с.

- 39.Хрулев А.Э. Ремонт двигателей зарубежных автомобилей. М., За рулем 1999 г.
- 40.Чекмарев А.А., Осипов В.К. Справочник по машиностроительному черчению.- М.: Высшая школа, 2002, - 493 с.
- 41.Шадревич В.А. Основы технологии автостроения и ремонт автомобилей. Учебник для вузов. Л.: Машиностроение, 1976. – 560 с.
- 42.Шадревич В.А. Ремонт автомобилей. – М.: Высшая школа, 1976, - 360с.