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 коленчатого вала двигателя с обеспечением повышенной долговечности

УДК 621.824.3.001.24
Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
10Б51	Курманов Нурлан		

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:

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

Юрга – 2019 г.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Код результата	Результат обучения
Р1	Демонстрировать базовые естественнонаучные, математические знания, знания в области экономических и гуманитарных наук, а также понимание научных принципов, лежащих в основе профессиональной деятельности
Р2	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.
Р3	Применять базовые и специальные знания в области современных информационных технологий для решения задач хранения и переработки информации, коммуникативных задач и задач автоматизации инженерной деятельности
Р4	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.
Р5	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.
Р6	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.
Р7	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
Р8	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.
Р9	Осваивать внедряемые технологии и оборудование, проверять техническое состояние и остаточный ресурс действующего технологического оборудования, обеспечивать ремонтно-восстановительные работы на предприятиях агропромышленного комплекса.
Р10	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.
Р11	Проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектных решений, выполнять организационно-плановые расчеты по созданию или реорганизации производственных участков, планировать работу персонала и фондов оплаты труда, применять прогрессивные методы эксплуатации технологического оборудования при изготовлении, ремонте и восстановлении деталей и узлов сельскохозяйственной техники и при проведении технического сервиса в агропромышленном комплексе.
Р12	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.
Р13	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.
Р14	Непрерывно самостоятельно повышать собственную квалификацию, участвовать в работе над инновационными проектами, используя базовые методы исследовательской деятельности,

Код результата	Результат обучения
	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	Курманову Нурлану

Тема работы:

Разработка технологии восстановления коленчатого вала двигателя с обеспечением повышенной долговечности	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	58/с от 17.04.2019г.

Срок сдачи студентом выполненной работы:	6 июня 2019 г.

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе *(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.).*	1. Чертеж коленчатого вала двигателя Евро-2 КАМАЗ-740 подлежащего восстановлению.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов *(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи*	1. Аналитический обзор по теме ВКР. 2. Постановка задачи исследования и обоснование темы ВКР. 3. Технологические расчеты, связанные с разработкой технологии восстановления изношенных поверхностей шеек коленчатого вала газопламенным методом.

исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).	4. Конструкторская часть. Разработка схемы установки по напылению шеек коленчатого вала и устройства для крепления вала на станке. 5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность, ресурсосбережение. 6. Социальная ответственность.
Перечень графического материала *(с точным указанием обязательных чертежей)*	1.Ремонтный чертеж коленчатого вала подлежащего восстановлению (1 лист А1). 2. Обзор существующих методов восстановления (1 лист А1). 3. Наладки разработанной технологии восстановления (1 лист 12). 4. Чертеж общего вида установки по восстановлению изношенных поверхностей коленчатого вала (1 лист А1). 5. Схема технологического процесса 1 лист А1). 6. Схема участка по восстановлению валов 1 лист А1). 7. Устройство для крепления вала на станке 1 лист А1). 8. Экономическая оценка проектных решений (1 лист А1)

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы
(с указанием разделов)

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

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

Реферат

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	

Задание выдал руководитель:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
10Б51	Курманов Нурлан		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
10Б51	Курманову Нурлану

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

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:	
1. Стоимость приобретаемого оборудование, фонд оплаты труда, производственных расходов	*- перечень и характеристика основных фондов и оборотных средств, необходимых ля реализации инженерных решений - расчет потребности в рабочей силе*
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	*- нормы использования необходимых материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих ресурсов*
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	

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	25.04.2019

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
10Б51	Курманов Нурлан		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА

«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
10Б51	Курманову Нурлану

Институт	**ЮТИ ТПУ**	**Кафедра**	**ТМС**
Уровень образования	Бакалавр	**Направление**	35.03.06 «Агроинженерия»

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
Описание рабочего места (рабочей зоны, технологического процесса, механического оборудования)	*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 безопасности труда. Взрывобезопасность. Общие требования.* *ГОСТ 12.1.018-93 Система стандартов безопасности труда. Пожаровзрывобезопасность статического электричества. Общие требования.* *ГОСТ 12.1.030-81 Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление.* *ГОСТ 12.2.003-91 Система стандартов безопасности труда. Оборудование производственное. Общие требования безопасности.* *ГОСТ 12.2.007.1-75 Система стандартов безопасности труда. Машины электрические вращающиеся. Требования безопасности.* *СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное*

	освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:	*- физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой;* *- действие фактора на организм человека;* *- приведение допустимых норм с необходимой размерностью (с ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ);* *- предлагаемые средства защиты (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства)*
2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой произведённой среды в следующей последовательности	*- механические опасности (источники, средства защиты;* *- термические опасности (источники, средства защиты);* *- электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита - источники, средства защиты);* *- пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения)*
3. Охрана окружающей среды:	*- защита селитебной зоны;* *- анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы);* *- анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы);* *- анализ воздействия объекта на литосферу (отходы);* *- разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.*
4. Защита в чрезвычайных ситуациях:	*- перечень возможных ЧС на объекте;* *- выбор наиболее типичной ЧС;* *- разработка превентивных мер по предупреждению ЧС;* *- разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС;* *- разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий*
5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:	*- специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;* *- организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны*
Перечень графического материала:	
При необходимости представить эскизные графические материалы к расчётному заданию (обязательно для специалистов и магистров)	-

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
10Б51	Курманов Нурлан		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа состоит из 80 страниц машинописного текста. Представленная работа состоит из пяти частей, количество использованной литературы – 41 источников. Графический материал представлен на 9 листах формата А1.

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

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

В разделе расчеты и аналитика представлены необходимые инженерные расчеты, связанные с организацией работ по восстановлению коленчатого 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 degree project consists of 80 pages of typewritten text. This work consists of five parts, the number of references - 41 source. The graphic material presented on 9 A1-size sheets.

Key words: repair organization, restoration, repair shop, maintenance, soil processing units, technological process, designs, technological calculations.

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.

In the calculations and analytics section, the necessary engineering calculations are presented related to the organization of work on the restoration of the crankshaft of the KamAZ-740 engine.

In the "Financial management, resource efficiency and resource conservation" for the economic assessment of design solutions.

Final qualifying work is done in a text editor and the Microsoft Corporation Word 7XP 16.0 KOMPAS 3D graphic editor.

Содержание

Введение 15

1. Объект и методы исследование 17

1.1 Назначение и условия работы коленчатого вала 18

1.2 Износ и дефекты коленчатого вала 25

1.3 Способы восстановления работоспособности изношенных коленчатых валов 28

2. Расчет и аналитика 37

2.2 Материал коленчатого вала 42

2.3 Материал порошка 43

2.4 Детонационная установка 44

2.5 Струйно-абразивная обработка 45

2.6 Разработка технологического процесса восстановления и ремонта 48

2.7 Нормирование технологического процесса 62

2.8 Определение трудоемкости 65

2.9 Расчет количества рабочих 66

2.10 Площадь производственного помещения 67

2.11 Разработка конструкции приспособления для закрепления коленчатого вала 68

3. Результаты проведенной разработки 67

4. Финансовый менеджмент ресурсоэффективности ресурсосбережения 72

4.1 Расчёт объёма капитальных вложений 76

4.1.1 Стоимость технологического оборудования 76

4.1.2 Стоимость вспомогательного оборудования 77

4.1.3 Стоимость инструментов, приспособлений и инвентаря 78

4.1.4 Стоимость эксплуатируемых помещений 78

4.1.5 Стоимость оборотных средств в производственных запасах, сырье и материалах 79

4.1.6 Сумма капитальных вложений 79

4.2 Определение сметы затрат на производство продукции 79

4.2.1 Расходы на материалы: 79

4.2.2 Расчёт заработной платы производственных работников 80

4.2.3 Отчисления на социальные нужды по заработной плате основных производственных рабочих. 81

4.2.4 Расчет амортизации основных фондов 81

4.2.5 Расчет амортизационных отчислений зданий. 83

4.2.6 Отчисления в ремонтный фонд. 83

4.2.7 Затраты на силовую электроэнергию. 83

4.2.8 Расчет материальных затрат на напыление 84

4.3.Общая смета затрат по экономическим элементам 87

5. Социальная ответственность 86

5.1 Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды 90

5.1.1 Описание рабочего места 90

5.2 Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды 94

5.3 Охрана окружающей среды 95

5.4 Защита в чрезвычайных ситуациях 96

5.5 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности 99

5.6 Выводы по разделу 102

ЗАКЛЮЧЕНИЕ 103

Список использованных источников 104

ВВЕДЕНИЕ

Главной задачей автомобильного транспорта является полное, качественное и своевременное удовлетворение потребности в перевозках при минимальных затратах материальных и трудовых ресурсов.

Автотранспортом в России перевозится около 80% общего грузового объема перевозок. Таким образом, доля грузового автотранспорта является весьма значительной и его количество с каждым годом только возрастает.

Существует большое количество способов восстановления деталей как давно применяющихся, так и перспективных и экспериментальных. В процессе восстановления происходит придание детали изначальных размеров, геометрической формы и поверхностных свойств. Следует различать основные и вспомогательные способы восстановления деталей. К основным относят способы: ремонтных размеров, дополнительных деталей, давления, сварки и наплавки, металлизации, хромирования, железнения.

Наиболее известными из перспективно-развивающихся способов восстановления деталей являются газоплазменное и детонационное напыление. Данные способы восстановления широко применяются при ремонте.

Детонационное напыление является более изученной отраслью. В Новосибирском ОАО «НИИХимМаш» изготавливают широко применимые в России и за рубежом установки детонационного напыления.

Коленчатый вал – одна из наиболее ответственных, дорогостоящих, а также сложных в ремонте деталей.

Целью данной выпускной квалификационной работы является разработка технологии восстановления коленчатого вала двигателя КамАЗ-740 с обеспечением повышенной долговечности за счет применения в технологическом процессе износостойкого порошка предназначенного для

восстановления деталей типа «вал», работающих при знакопеременных нагрузках, абразивном изнашивании и при воздействии высоких температур.

1 Объект и методы исследования

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ФЮРА 10Б51.001.ПЗ		
Разраб.		Курманов			Объект и методы исследования Пояснительная записка	Лит.	Лист	Листов
Пров.		Зайцев						1
Н.контр.		Зайцев				ЮТИ ТПУ Гр. 10Б51		
Утв.								

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

Копировал

Формат А4

1.1 Назначение и условия работы коленчатого вала

Коленчатый вал (рисунок 1.1) воспринимает усилия, передаваемые шатунами от поршней, и преобразует их в крутящий момент, который через маховик передается агрегатам трансмиссии автомобиля [26].

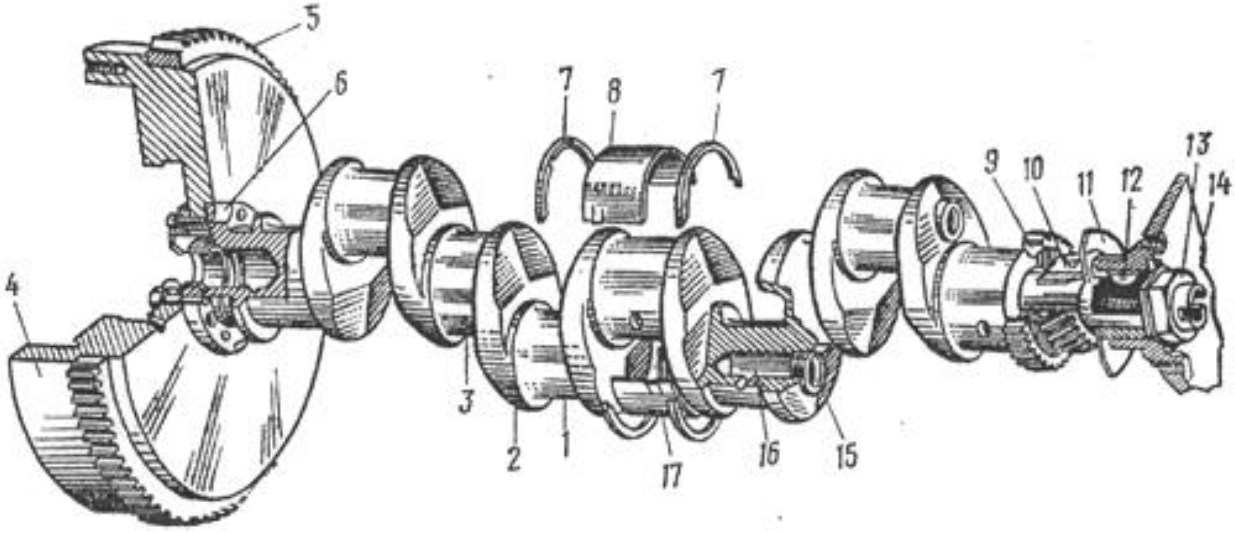
Основные элементы коленчатого вала:

1. Коренная шейка – опора вала, лежащая в коренном подшипнике, размещённом в картере двигателя.
2. Шатунная шейка – опора, при помощи которой вал связывается с шатунами (для смазки шатунных подшипников имеются масляные каналы).
3. Щёки – связывают коренные и шатунные шейки.
4. Передняя выходная часть вала (носок) – часть вала, на которой крепится зубчатое колесо или шкив отбора мощности для привода газораспределительного механизма (ГРМ) и различных вспомогательных узлов, систем и агрегатов.
5. Задняя выходная часть вала (хвостовик) – часть вала, соединяющаяся с маховиком или массивной шестернёй отбора основной части мощности.
6. Противовесы – обеспечивают разгрузку коренных подшипников от центробежных сил инерции первого порядка неуравновешенных масс кривошипа и нижней части шатуна.

Форма коленчатого вала зависит от числа и расположения цилиндров, порядка работы и тактности двигателя [27]. На большинстве автомобильных двигателей применяют полноопорные коленчатые валы, т.е. каждое шатунная шейка расположена между двумя коренными. Таким образом, полноопорный вал имеет коренных шеек на одну больше, чем шатунных.

Коленчатые валы изготовляют горячей штамповкой из легированной

стали или отливают из высокопрочного чугуна вместе с противовесами или без них. Шатунные шейки коленчатого вала располагают так, чтобы одноименные такты (например, такты расширения) в разных цилиндрах двигателя происходили через равные промежутки (по углу поворота коленчатого вала), а силы инерции, возникающие в цилиндрах, взаимно



уравновешивались.

Рисунок 1.1 – Общий вид коленчатого вала с маховиком:

1 – шатунная шейка, 2 – щека, 3 – коренная шейка, 4 – маховик,

5 – зубчатый венец, 6 – шарикоподшипник, 7 – упорное полукольцо, 8 – верхний вкладыш коренного подшипника, 9 – шестерня привода масляного насоса, 10 – шестерня привода механизма газораспределения и других механизмов двигателя, 11 – маслоотражатель, 12 – шпонка, 13 – храповик,

14 – шкив привода вентилятора, 15 – пробка, 16 – полость в шатунной шейке, 17 – нижний вкладыш коренного подшипника

Если расположение колен коленчатого вала не обеспечивает взаимного уравновешивания сил инерции и создаваемых ими моментов, то на таких

коленчатых валах устанавливают противовесы или оборудуют двигатели специальными уравновешивающими механизмами.

Для повышения износостойкости и долговечности шатунных и коренных шеек их закаливают с нагревом токами высокой частоты, после чего шлифуют и полируют. Переход от шеек к щекам, называемый галтелью, делают плавным, чтобы избежать концентрации напряжения и возможных поломок коленчатого вала. Для повышения жесткости и надежности коленчатых валов применяют перекрытие шеек [24].

В шатунных шейках коленчатых валов большинства двигателей имеются грязеуловительные полости для дополнительной центробежной очистки масла. В качестве коренных подшипников коленчатого вала применяют тонкостенные вкладыши. Их назначение – уменьшить трение между шейками коленчатого вала и соответствующими опорами и тем самым снижение скорости изнашивания трущихся поверхностей.

Вследствие работы сцепления и косозубых зубчатых колес механизма газораспределения возникают силы, стремящиеся сдвинуть коленчатый вал вдоль оси. Особенно большие силы возникают в момент выключения сцепления. Поэтому один из коренных подшипников коленчатого вала делают упорным, воспринимающим осевые нагрузки и удерживающим вал от смещения, устанавливают с обеих сторон первого коренного подшипника.

На переднем конце коленчатого вала, кроме зубчатого колеса, расположены маслоотражатель, ступица шкива привода водяного насоса, вентилятора и генератора. В торец коленчатого вала ввернут храповик, служащий для пуска двигателя при помощи пусковой рукоятки и удерживающий от смещения детали, установленные на конце вала. Передний конец коленчатого вала уплотнен самоподжимным резиновым сальником, расположенным в крышке блока распределительных зубчатых колес, и маслоотражателем. Масло не может попасть на сальник, так как он защищен

специальным корпусом с отогнутыми краями. На ступице шкива напрессован пылеотражатель, защищающий сальник от пыли и песка. Уплотнение заднего конца коленчатого вала состоит из сальника, маслосгонной резьбы и маслоотражательного гребня. Маслосгонная резьба или накатка нарезана в направлении, обратном вращению коленчатого вала. Это способствует отводу масла в поддон. Сальник представляет собой асбестовый шнур, пропитанный антифрикционным составом и покрытый графитом [28].

В задний торец коленчатого вала запрессован шарикоподшипник вала сцепления. Фланец, отштампованный как одно целое с коленчатым валом, служит для крепления маховика болтами, изготовленными из высококачественной стали.

В данной выпускной квалификационной работе в качестве объекта для разработки технологии восстановления коленчатого вала применяется коленчатый вал двигателя Евро-2 КамАЗ-740 (рисунок 1.2). На примере данного вала, ниже будет представлена, разработанная технология по восстановлению изношенных поверхностей с применением газотермического метода напыления порошковых материалов. Данная технология является типовой и на её основе, при необходимости, возможно, осуществлять восстановление других типов коленчатых валов [27, 28].

Рисунок 1.2 – Внешний вид двигателя Евро-2 КамАЗ-740

Выпуск мотора для грузовиков Камского автозавода был начат в 1975 году и это был первый двигатель для КамАЗов. Этот двигатель имеет 8-ми цилиндровый чугунный V-образный блок цилиндров с углом развала 90° со смещением рядов цилиндров на 29,5 мм и с мокрыми чугунными гильзами.

В блок установлен стальной коленчатый вал с ходом поршня 120 мм, диаметр коренных шеек 95 мм, а шатунных 80 мм. Шатуны сделаны из стали (длина 225 мм), поршни из алюминия (их высота 75,7 мм), и они имеют смещение камеры сгорания на 5 мм от центра. Диаметр поршневого пальца 45 мм. Сверху блока установлены раздельные чугунные головки на каждый цилиндр отдельно, каждая головка имеет по 2 клапана. Диаметр тарелок впускных клапанов 51,6 мм, а выпускных 46,6 мм. Распределительный вал находится в блоке цилиндров и приводит клапаны в действие посредством штанг, толкателей и коромысел. Привод распределительного вала шестеренчатый от коленчатого вала.

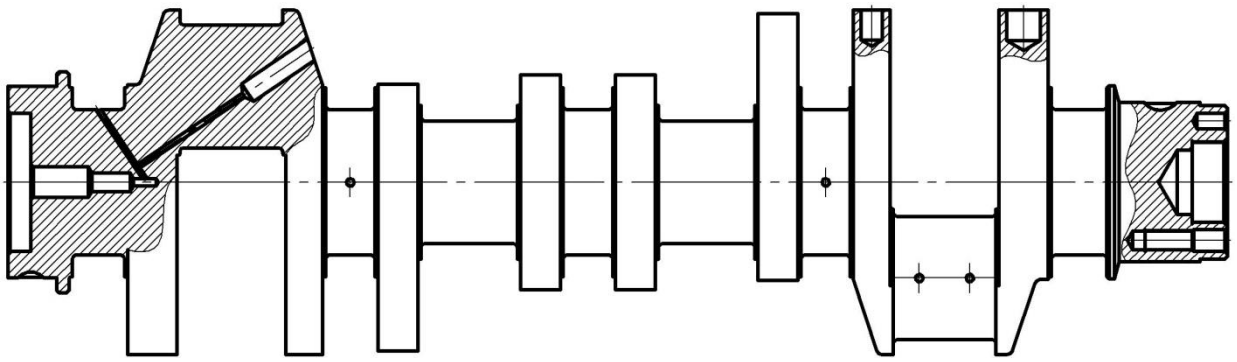
Азотированный коленчатый вал двигателя Евро-2 КАМАЗ-740 (рисунок 1.3) изготовлен из высококачественной стали 42ХМФА и имеет пять коренных и четыре шатунные шейки, связанные щеками и сопряженные переходными галтелями. Для равномерного чередования рабочих ходов шатунные шейки коленчатого вала расположены под углом 90°.

Рисунок 1.3 – коленчатый вал двигателя Евро-2 КамАЗ-740

Упрочнение коленчатого вала производится азотированием на глубину 0,5...0,7 мм, твердость упрочненного слоя не менее 600 HV.

Подвод масла к шатунным шейкам производится через отверстия в коренных шейках.

Для уравновешивания сил инерции и уменьшения вибраций коленчатый вал имеет шесть противовесов, отштампованных заодно со щеками коленчатого вала. Кроме основных противовесов, имеется



дополнительный съемный противовес, напрессованный на вал, его угловое расположение относительно коленчатого вала определяется шпонкой.

На хвостовике коленчатого вала выполнена шейка, по которой центрируется шестерня коленчатого вала и маховик. На заднем торце

коленчатого вала выполнено десять резьбовых отверстий М16х1,5-6Н для крепления шестерни коленчатого вала и маховика, на переднем торце выполнено восемь резьбовых отверстий М12х1,25-6Н для крепления гасителя крутильных колебаний.

Номинальные диаметры шеек коленчатого вала:

- коренных $95_{-0,015}$ мм;
- шатунных $80_{-0,013}$ мм.

Для восстановления работоспособности изношенных поверхностей коренных и шатунных шеек предусмотрены восемь ремонтных размеров вкладышей.

Пределы допусков диаметров шеек ремонтного коленчатого вала при восстановлении двигателя должны быть такими же, как у диаметров шеек нового коленчатого вала.

Важно! При шлифовке коленчатых валов, упрочненных азотированием или карбонитрированием, на глубину по коренным шейкам до 94 мм и менее или по шатунным шейкам до 79 мм и менее, необходимо проведение повторной упрочняющей обработки по специальной технологии [27, 28].

Азотирование имеет ряд преимуществ и недостатков. Главным достоинством технологии азотирования является высокая твердость упрочненного слоя до 1200 HV.

Азотированные коленчатые валы, изготовленные из стали марки 42ХМФА ТУ 14-1-1296-75 имеют твердость в районе 800 HV, при требованиях чертежа не менее 600 HV. Следующим положительным моментом азотированного коленчатого вала может являться то, что при азотировании происходит поверхностное насыщение всей детали, а не только шеек как при индукционной закалке. Это повышает прочность вала на изгиб.

К недостаткам данного метода можно отнести целый рад факторов:

1. Процесс азотирования занимает довольно длительное время, до 30 часов и имеет высокую трудоёмкость выполнения;
2. Толщина упрочненного слоя составляет не более 0,5-0,7 мм;
3. Упрочненный слой имеет высокую твердость и трудно обрабатывается резанием;
4. Насыщение нитридами всей поверхности вала в то же время снижает его пластичность, вязкость, азотированная поверхность становится хрупкой;
5. При перегреве азотированного участка происходит его разрыв.

1.2 Износ и дефекты коленчатого вала

Коленчатый вал работает в условиях периодических нагрузок от сил давления газов, сил и моментов инерции, которые в совокупности вызывают значительные скручивающие и изгибающие моменты, а также крутильные продольные колебания вала, создающие при резонансе дополнительные напряжения [23].

Процесс изнашивания деталей сопровождается сложными физико-химическими явлениями и многообразием влияющих на него факторов. В зависимости от материала и качества поверхности сопряженных деталей, характера контакта, нагрузки скорости относительно перемещения процесс изнашивания протекает различно. Ведущим процессом разрушения является механическое изнашивание, в которое входит абразивный и усталостный износ. Сопутствующими видами износа являются молекулярно-механический и коррозионно-механические износы со всеми своими разновидностями, которые в зависимости от условий работы влияют на износ и при определенных условиях могут стать ведущими процессами износа.

Основные дефекты коленчатых валов [30]:

1. Изгиб вала;
2. Износ посадочных мест и шпоночных канавок под шестерню или шкив вала;
3. Повреждение или износ резьбы под храповик;
4. Износ отверстий или резьбы во фланце для крепления маховика;
5. Износ шеек и т. д.

Коленчатые валы выбраковывают при трещинах и отслаивании металла на поверхностях шеек, если их нельзя устранить шлифованием под ремонтный размер или при любых трещинах в щеках вала. Коленчатый вал также выбраковывают при износе коренных и шатунных шеек, выходящем за пределы последнего ремонтного размера.

Коренные и шатунные шейки коленчатых валов, а так же галтели подвергаются контактному изнашиванию. Коренные и шатунные шейки изнашиваются неравномерно. Шатунные шейки в результате износа по окружности приобретают эллипсность, а по длине конусность.

Наибольший износ шатунных шеек наблюдается по лини поверхности, обращенной к оси вала. Коренные шейки, как правило, по длине изнашиваются равномерно, а по окружности на овал.

По данным ВНИИТУВИД «РЕМДЕТАЛЬ» (ГОСНИТИ) [32] в результате анализа эксплуатационных дефектов коленчатых валов КамАЗ-740 было установлено, что наиболее распространенными дефектами являются следующие:

- деформация коленчатого вала (69%);
- проворот, задир или аварийный износ коренных и (или) шатунных шеек (22%);
- трещины на коренных и (или) шатунных шейках (7%);
- ослабление посадки, смятие штифтов, разрешение резьбы под болты

крепления маховика (19%).

Средняя величина отклонения от номинального диаметра в зоне наибольшего износа (при нормальном износе) коренных шеек составляет 0,027 мм, а шатунных 0,029 мм.

Биение средней шейки для нормально изношенных валов находится в пределах от 0,02 мм до 0,17 мм, при этом средняя величина биения составляет 0,054 мм, а для аварийного износа в пределах от 0,040 мм до 0,730 мм, при средней величине биения – 0,227 мм.

Причинами задира шеек могут быть несколько факторов. Это может быть масляное «голодание» при работе коренных и шатунных подшипников коленчатого вала, а также превышение погрешности формы шеек более 0,05 мм.

Коленчатые валы с усталостными разрушениями составляли 1,1%. В основном разрушения происходят при доминирующем влиянии изгиба в плоскости кривошипа. Подавляющее количество (92%) разрушенных коленчатых валов имели сопутствующие дефекты эксплуатационного и технологического происхождения. Наиболее опасными являются сочетания дефектов задир и трещина, а также задир и подрез галтели. Кроме того, почти у четверти разрушенных валов были скрытые дефекты в зоне смыкания штампа, послужившие началу развития разрушения. Часть разрушений (17%) была усугублена конструкцией и качеством изготовления полости грязевика.

1.3 Способы восстановления работоспособности изношенных коленчатых валов

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

Ниже рассмотрены существующие методы восстановления работоспособности коленчатых валов [21, 23, 25, 30, 31].

1. Изгиб коленчатого вала.

Устраняют правкой либо холодной, либо с подогревом. Для правки вал устанавливается на призмы крайними коренными шейками, средняя шейка устанавливается под штоком гидравлического пресса таким образом, чтобы прогиб вала находился в верхней части. Вал прогибается на величину, превышающую изгиб вала в 10 раз. Сразу после холодной правки нагревают деталь до температуры 400 - 450 °С и выдерживают при этой температуре 0,5 - 1,5 часа. Стабилизирующий нагрев почти полностью снимает остаточные напряжения.

2. Шлифование поверхностей шеек под ремонтный размер.

Обработка поверхностей детали под ремонтный размер эффективна в случае, если механическая обработка при изменении размера не приведет к ликвидации термически обработанного поверхностного слоя детали. Дефекты поверхности устраняются механической обработкой до заранее заданного ремонтного размера, а другую заменяют новой соответствующего размера (вкладыши). В этом случае соединению будет возвращена первоначальная посадка (зазор или натяг), но поверхности детали, образующие посадку, будут иметь размеры, отличные от первоначальных. Применение вкладышей ремонтного размера (увеличенных на 0,5 мм)

позволит снизить трудоемкость и стоимость ремонта при одновременном сохранении качества отремонтированных блоков цилиндров и шатунов.

Ремонтные размеры и допуски на них устанавливает завод-изготовитель. Для большинства коленчатых валов уменьшение диаметра шеек при обработке под ремонтные размеры происходит на величину 0,25; 0,5; 0,75; 1 и 1,5 мм. Восстановление деталей под ремонтные размеры характеризуется простотой и доступностью, низкой трудоемкостью (в 1,5...2,0 раза меньше, чем при сварке и наплавке) и высокой экономической эффективностью, сохранением взаимозаменяемости деталей в пределах ремонтного размера.

Шлифование шеек ведется на круглошлифовальных станках, например модели ЗА432 шлифовальными кругами для стальных валов Э46-60 СТ1-СТ25К, для чугунных - КЧ46СМ2 - М25К размеров ПП 900×30×305. Рекомендуемые режимы резания: скорость вращения шлифовального круга 25-30 м/с, КВ 10-12 м/мин для шатунных шеек и 18-20 м/мин для коренных шеек, поперечная подача шлифовального круга 0,006 мм. При шлифовании необходимо выдерживать радиус галтелей и не увеличивать длину шатунных шеек. Первоначально шлифуют коренные шейки после установки вала в центрах станка фланцем к задней бабке. При шлифовании шатунных шеек вал устанавливают в центросместители, обеспечивая совмещение оси данной шатунной шейки с осью станка. Шлифование начинают с первой шейки; для шлифования следующих шеек вал поворачивают вокруг оси на соответствующий угол. Острые кромки фасок масляных каналов коренных и шатунных шеек притупляют шлифовальным конусным абразивным инструментом, используя пневматическую бормашину. Для получения необходимой шероховатости поверхности шеек их подвергают суперфинишированию на станке типа 2К34. Применяемые бруски: белый электрокорунд марки ЛОЗ-3 сечение 20х20 мм; для предварительного суперфинишированиия твердость брусков С2РВ83-88, для окончательного

С1РВ77-82.

Недостатки способа – увеличение номенклатуры запасных частей и усложнение организации процессов хранения деталей на складе, комплектования и сборки.

Шейки коленчатых валов, вышедшие за пределы последнего ремонтного размера, восстанавливают до номинальных размеров наплавкой под слоем флюса с последующей нормализацией, обточкой шеек, упрочнением галтелей поверхностным пластическим деформированием, закалкой их ТВЧ, шлифованием и полированием под размер рабочего чертежа.

3. Наплавка.

Технологические процессы восстановления стальных валов наплавкой можно условно разделить на наплавку с последующей термообработкой и наплавку под легированным флюсом без последующей термообработки.

К первой группе необходимо отнести технологический процесс, который был разработан в Саратовском политехническом институте. Этот процесс заключается в наплавке шеек валов проволокой НП - 30ХГСА под флюсом АН - 15 с последующей нормализацией, токарной обработкой, закалкой шеек током высокой частоты, шлифованием и полированием. Восстановленные такой технологией валы имеют предел усталостной прочности такой же, как и у предельно изношенных. Ко второй группе относят наплавку цилиндрической части шейки проволокой Нп - 30ХГСА под смесью флюсов АН-348А (20%) и АНК-118 (80%) с предварительным подогревом вала до температуры 200-220°С с последующим черновым шлифованием, подрезкой галтелей, ручной и чистовой обработкой (технология ВЕЛО «Ремдеталь» и ГОСНИТИ).

Курским политехническим институтом и ИЭС имени Е.О. Патона

разработан процесс многоэлектродной наплавки коленчатых валов под слоем флюса в раздельные сварочные ванны. При этом на поверхность шейки за один оборот одновременно наплавляется без перекрытия параллельные кольцевые валики, число которых зависит от длины шейки и ограничивается мощностью источника тока. При следующей обработке детали включают второй подающий механизм и вторая группа из валиков заплавляет промежутки между первыми. Используя электродную проволоку различных составов, применяя многоэлектронную наплавку, получают разнородный наплавленный слой. Так, всю поверхность шейки можно наплавлять электродами, обеспечивающими высокую твёрдость, а галтели – электродами, создающими достаточную пластичность металла.

4. Наплавка под слоем флюса.

Наплавка под слоем флюса представляет собой процесс, во время которого сварочная дуга между сварочным электродом и металлической деталью защищается с помощью слоя предварительно расплавленного флюса - толщина слоя при этом может колебаться от 20 до 40 миллиметров. Стоит отметить, что до расплавленного состояния флюс доводится при помощи той же сварочной дуги.

Вместе с несомненными достоинствами наплавка металла под слоем флюса имеет и определенные недостатки. И основными минусами этого вида наплавки можно считать: высокую стоимость оборудования.

Как правило, оборудование, применяемое в ходе наплавки под слоем флюса, стоит дороже, чем оборудование для ручной дуговой наплавки с применением стержневых электродов с покрытием; большую зону нагрева, из-за чего этот вид наплавки не может быть применен в тех случаях, когда требуется наплавка металла на мелкие изделия, особенно, в том случае, если эти изделия обладают достаточно сложной формой; кроме того, часто к недостаткам этого вида наплавки относят и тот факт, что он снижает

усталостную прочность металлической детали, причем, показатель снижения прочности металла может в некоторых случаях достигать 40%.

5. Вибродуговая наплавка.

При этом способе качество наплавленного металла зависит от многих факторов и резко ухудшается при изменении режимов наплавки и химического состава электродной проволоки. Поэтому даже при хорошо отлаженном процессе восстановления на шейках чугунных коленчатых валов часто встречаются поры и трещины. Количество пор увеличивается по глубине слоя, поэтому восстановленные чугунные коленчатые валы шлифуют лишь до третьего ремонтного размера, а затем выбраковывают. Усталостная прочность коленчатых валов, восстановленных вибродуговой наплавкой в жидкости, снижается на 35-40 %. Применение этого способа наплавки для восстановления коленчатых валов двигателей автомобилей из-за значительного снижения усталостной прочности становится неприемлемым.

6. Электроконтактная приварка ленты.

Сущность процесса – точечная приварка стальной ленты к поверхности детали в результате воздействия мощного импульса тока. В точке сварки происходит расплавление металла ленты и детали. Деталь устанавливают в центрах или патроне, а сварочная головка с роликами плотно прижимает ленту посредством пневмоцилиндров. Подвод тока к роликам производится от трансформатора. Требуемая длительность цикла обеспечивается прерывателем тока.

Ленту приваривают ко всей изношенной поверхности или по винтовой линии в процессе вращения детали. Скорость вращения детали пропорциональна частоте импульсов и продольному перемещению

сварочной головки.

Преимущества способа: высокая производительность процесса (в 2,5 раза превосходит вибродуговую наплавку); малое тепловое воздействие на деталь (не более 0,3 мм); небольшая глубина давления; незначительный расход материала (в 4...5 раз превосходит вибродуговую наплавку); благоприятные санитарно-производственные условия работы сварщика, а недостаток – ограниченность толщины наплавленного слоя и сложность установки.

Твёрдость, износостойкость и прочность сцепления ленты с деталью зависят от марки стали ленты. Высокую твёрдость обеспечивают ленты из хромистых и марганцевых сталей. Толщина ленты берется в пределах 0,3... 1,5 мм. Усилие прижатия роликов при приварки ленты 1,3... 1,6 кН.

7. Газопламенное напыление.

Напыление позволяет существенно повысить жаростойкость, износостойкость, коррозионную и эрозионную стойкость различных деталей машин. Однако напыление покрытий имеет ряд особенностей, которые ограничивают область его применения [17, 20].

С увеличением толщины напыленного слоя свыше 1,0 мм прочность сцепления снижается, поэтому наиболее целесообразно применять покрытия для восстановления деталей с износом до 0,8 мм. С другой стороны, напыление не вызывает значительного разогрева напыляемой детали и не приводит к деформации, структурным превращениям металла основы, снижении усталостной прочности и т. д. Напыление также предпочтительнее при восстановлении чугунных деталей, которые при наплавке склонны к образованию трещин.

Специфическая структура напыления покрытий и их пористость улучшают работоспособностью узлов в условиях трения скольжения со

смазкой. В качестве износостойких покрытий используют углеродистую и легированную стали, молибден, самофлюсующиеся сплавы типа «колмоной», оксиды алюминия и хрома. Наибольшей износостойкостью в условиях абразивного трения при низком давлении обладает покрытие из карбида вольфрама с кобальтом. Оно в 2 раза превышает износостойкость покрытия из диоксида алюминия и оксида титана.

Напыление производят на распределительные валы, коленчатые валы, валы различных насосов, поршни, поршневые кольца и цилиндры, выхлопные клапаны двигателей внутреннего сгорания. Эффективно его применение для упрочнения лопаток турбин и дымососов, лопастей вентиляторов. Напылением упрочняются шнеки питателей, деталей ковшей и черпаков, матрицы, пуансоны и другие элементы штампов и пресс-форм.

Основным недостатком, связанным с особенностями процесса газопламенного напыления является низкая адгезия покрытия. Такого недостатка лишены процессы высокоскоростного напыления, к которым относится детонационное напыление.

8. Детонационное напыление.

Особый интерес в настоящее время для восстановления и упрочнения изношенных поверхностей коленчатых валов представляет процесс детонационного напыления, разработаный в 50-х годах XX века в США фирмой Union Carbide. С 70-х годов XX века детонационное напыление стало активно развиваться в СССР [5].

К настоящему времени имеются отработанные модели установок такие как: АДУ-«Обь», «Днепр», «Перун-С» и др. Плотность покрытий, полученных из композиционных порошков, составляет более 98 %. Установки успешно работают в авиационной, автомобильной и других областях машиностроения [5].

Детонационное напыление отличается импульсным характером процесса, который определяется использованием газового взрыва для разгона и разогрева частиц напыляемого порошкового материала. Сочетание во взрыве высокой концентрации тепловой энергии с мощным динамическим напором позволяет продуктам детонации разогреть до

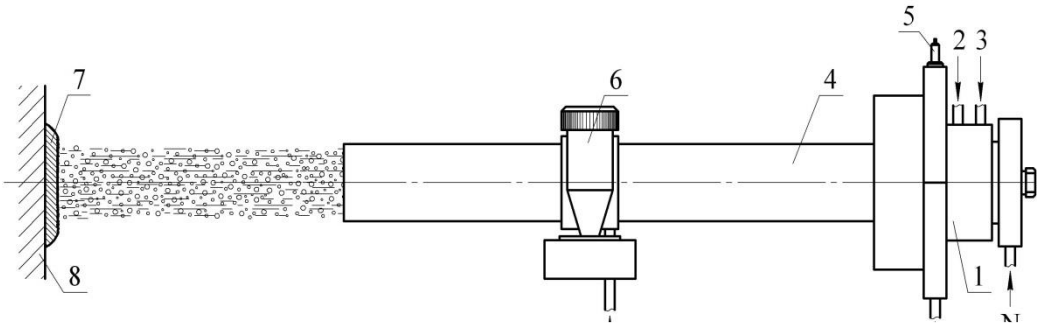


Рисунок 1.4 Схема процесса и устройства для детонационного напыления:

1 – смесительная камера; 2 – подача топлива; 3 – подача окислителя;

плавления любой порошковый материал, ускоряя его частицы до скоростей порядка 1000 м/с. Детонационные покрытия выделяются высокими прочностными характеристиками, определяющими приоритетное положение этого метода в решении наиболее ответственных технических задач [20].

Детонационные покрытия получают с помощью устройств, принципиальная схема которых приведена на рис. 1.4. В общем виде детонационные установки напыления состоят из водоохлаждаемого ствола 1, смесительной камеры 3, электрической свечи зажигания 2, порошкового питателя 4 и вспомогательного оборудования.

Процесс нанесения покрытия происходит следующим образом из газовых баллонов производится подача заданного количества газов

(например, кислорода и ацетилена) в смесительную камеру 3, подача необходимого количества напыляемого порошка из порошкового питателя 4, смесь газов поджигается электрической искрой от свечи зажигания 2. По смеси газов распространяется пламя с увеличивающейся скоростью. Пройдя определенное расстояние, горение, переходит в детонацию, с этого момента по стволу распространяется детонационная волна со скоростью, строго постоянной для данных геометрии ствола и состава газа. Происходит взрыв с выделением значительного количества теплоты, резко возрастает давление в стволе установки 1 и происходит выстрел порошка по направлению к подложки 6, формируется единичный слой покрытия 5. После выстрела смесительная камера и ствол установки продувается азотом для отчистки от продуктов сгорания.

После достижения детонационной волной открытого конца ствола детонационная волна разрушается, так как может перемещаться только по смеси газов, способной детонировать. Затухающая ударная волна может перемещаться вне ствола, но на расстоянии более 100 мм ее амплитуда близка к нулю [21].

Продукты детонации начинают истекать из ствола в виде сверхзвуковой струи. Температура и давление продуктов детонации в стволе уменьшаются. Истечение происходит до тех пор, пока давление продуктов на выходе из ствола не сравняется с атмосферным, после чего окружающий воздух засасывается в ствол сначала вблизи стенок, а затем по всему сечению и заполняет большую его часть.

При истечении продукты детонации увлекают напыляемые частицы. Формируется двухфазный поток, состоящий из продуктов детонации и напыляемых частиц. Двухфазный поток неоднороден как по длине, так и по сечению ствола. Неоднородность двухфазного потока обусловлена как

нестационарностью процесса истечения, так и различием физико-химических и геометрических характеристик напыляемых частиц. Продукты детонации нагревают и ускоряют напыляемые частицы. При этом могут иметь место процессы их плавления и испарения.

После выхода двухфазного потока из ствола продукты детонации резко расширяются. Их температура, скорость и плотность уменьшаются при удалении от ствола, но не монотонно. Вблизи поверхности обрабатываемой детали (подложки) поток газа тормозится и затем растекается вдоль преграды [9, 78]. У подложки создается пограничный слой, в котором частицы тормозятся, их скорость может резко падать. Часть частиц может увлекаться продуктами детонации, обтекающими подложку, и уносится.

При напылении материалов однородного химического состава, например, металлов или окислов, покрытие может формироваться из практически полностью расплавленных частиц и из смеси расплавленного и нерасплавленного материалов. При напылении некоторых композиционных материалов, например твердого сплава ВК, напыление осуществляется из смеси расплавленного кобальта и твердых частиц карбида вольфрама.

Процесс детонационного напыления характеризуется значительным количеством технологических параметров. К основным из них следует отнести следующие: глубина загрузки порошка, т. е. расстояние от места ввода порошка в ствол установки до его среза; соотношение расходов газов – горючего, кислорода и флегматизируюшего газа для разбавления, т.е. состав рабочей взрывчатой смеси; суммарный расход газов взрывчатой смеси, определяющий степень заполнения ствола (отношение суммарного расхода газов за один цикл к суммарному объему ствола и камеры смешения); толщина напыляемого слоя за один цикл; дистанция напыления – расстояние между напыляемой поверхностью и срезом ствола [20].

Существенным отличием детонационного напыления является большая концентрация частиц в момент формирования покрытия [17], что усиливает проявление эффектов ударного прессования, т.е. увеличение плотности уже сформированного покрытия в результате воздействия наиболее крупных непроплавленных частиц, которые взаимодействуют с покрытием. Высокие скорости частиц делают возможным при ударе выделение значительной энергии; из-за этого происходит увеличение температуры частиц и температуры в зоне контакта. Поэтому кроме термической активации существенное влияние на механизм и кинетику формирования напыленных слоев оказывает пластическая деформация в зоне соударения частиц и подложки. Однако основной вклад в формирование покрытий при напылении вносит термическая активация.

Основными преимуществами детонационного напыления являются: низкая пористость покрытия (не более 1%); отсутствие перегрева напыляемой детали; высокая адгезия покрытия (более 80 МПа); высокий коэффициент использования материала.

Детонационный метод позволяет наносить покрытия из металлов, их сплавов, оксидов, карбидов металлов и др. Наибольшую эффективность данный метод имеет при нанесении высококачественных покрытий на малогабаритные детали.

Задачами данной выпускной квалификационной работы являются:

1. Разработка технологии восстановления вала двигателя КамАЗ-740.

2. Технологические расчеты, связанные с разработкой технологии восстановления изношенных поверхностей шеек коленчатого вала газопламенным методом.

3. Разработка схемы установки по напылению шеек коленчатого вала и устройства для крепления вала на станке.

2 Расчёты и аналитика

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ФЮРА 10Б51.002.ПЗ		
Разраб.		Курманов			Расчёты и аналитика Пояснительная записка	Лит.	Лист	Листов
Пров.		Зайцев						1
Н.контр.		Зайцев				ЮТИ ТПУ Гр. 10Б51		
Утв.								

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

Копировал

Формат А4

2.1 Состав и правила оформления технологической документации на восстановление деталей машин

Пакет конструкторско-технологической документации, разрабатываемой при проектировании технологических процессов восстановления деталей, включает в себя: ремонтный чертеж детали, операционную карту, маршрутную карту, карту технологического процесса дефектации, а также карту эскизов.

Ремонтный чертеж разрабатывается на основе рабочего чертежа детали; технических требований на дефектацию детали; данных по выбору рациональных способов устранения дефектов, а также технических требований на восстановленную деталь. Правила выполнения ремонтных чертежей регламентировано ГОСТ 2.604-2000 «Чертежи ремонтные».

Документация на технологический процесс восстановления деталей оформляется в соответствии с ГОСТ 3.1121-84 «Общие требования к комплектности и оформлению комплектов документов на типовые и групповые технологические процессы».

Маршрутные карты должны соответствовать ГОСТ 3.1118 (Формы 2 и 1б) и являются неотъемлемой частью комплекта документации.

Операционная карта – включает в себя описание последовательности операций технологического процесса с указанием оборудования, приспособлений, инструмента, режимов обработки, приемов и методов выполнения, расходных материалов и трудовых нормативов. Оформление операционных карт должно соответствовать ГОСТ 3.1404-83 (Форма 3). Карты эскизов, входящие оформляются по ГОСТ 3.1105-84 (Форма 7 и 7а). Карты эскизов включают схемы, таблицы, дефекты, технические требования,

необходимые для выполнения операций и переходов, а также методы и средства обеспечения безопасного выполнения технологических операций.

Карты технологического процесса дефектации разрабатываются на основе Р50-60-88 «Правила оформления документа на технологический процесс ремонта» в них включают наименование дефектов и способы их устранения, методы и средства контроля, допустимые без ремонта, предельные размеры.

2.2 Материал коленчатого вала

В данной выпускной квалификационной работе в качестве объекта для разработки технологии восстановления коленчатого вала применяется коленчатый вал двигателя Евро-2 КамАЗ-740. Азотированный коленчатый вал двигателя Евро-2 КАМАЗ-740 изготовлен из высококачественной стали 42ХМФА. Химический состав данной стали представлен в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Химический состав стали 42ХМФА

C	S	P	Mn	Cr	Si	Ni	Fe	Cu	V
0,4-0,45	0,007-0,025	≤0,025	0,5-0,8	1-1,3	0,17-0,37	≤0,3	Остаток	≤0,3	0,08-0,12

Физико-механические свойства стали 42ХМФА представлены в таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Физико-механические свойства стали 42ХМФА

Наименование	Обозначение	Значение
Предел кратковременной прочности, [МПа]	$\sigma_в$	1030
Предел пропорциональности, [МПа]	$\sigma_т$	930

Относительное удлинение при разрыве, [%]	δ_5	13
Относительное сужение, [%]	ψ	50
Ударная вязкость, [кДж / м^2]	KCU	880
Твердость по Бринеллю, [МПа]	HB	269

2.3 Материал порошка

Выбор напыляемого материала необходимо производить, исходя из условия близости химического состава основного металла и напыленного слоя. Для восстановления изношенных поверхностей коренных и шатунных шеек с применением детонационного напыления рекомендуется использовать [17] самофлюсующийся порошок системы Ni-Cr-B-Si, например, марки ПР-Н65Х25С3Р3. Химический состав и характеристика порошка приведена в таблице 2.3. Так же рекомендуется использовать [17] порошковую фракцию с оптимальным для высокоскоростного способа напыления размером частиц от 15 до 50 мкм сферической формы.

Таблица 2.3 – Химический состав порошка Н65Х25С3Р3

Марка порошка	Химический состав, %						
	Fe	C	Cr	Ni	Mo	Si	B
ПР-Н65Х25С3Р3	≥ 5,0	1,5	26,0	остальное	-	2,3	3,0
Характеристика покрытий				Область применения			
Износостойкое, коррозионно- стойкое покрытие с высокой				Для восстановления деталей типа «вал», работающих при знакопеременных нагрузках, абразивном изнашивании и при воздействии			

адгезией	высоких температур.

Для подбора порошков с определенной дисперсностью гранул их просеивают через сито с размерами ячеек соответствующих размерам требуемых гранул. Порошок перед применением просушивают на противнях при температуре 150-200 ºС продолжительностью 2-3 часа. Во время просушивания рекомендуется производить перемешивание.

Система легирования Ni-Cr-B-Si, обеспечивает низкую температуру плавления сплавов в пределах от 1030 до 1150°С, что позволяет производить их оплавление. Оплавленное покрытие имеет большую прочность сцепления с поверхностью детали и меньший коэффициент трения. Самофлюсующийся эффект обеспечивается за счет Si и B. При нагреве они окисляются и образуют очень тонкую пленку боросиликатов. Эта пленка покрывает вместе со сплавом поверхность основного металла и действует как восстановитель.

2.4 Детонационная установка

В качестве оборудования для нанесения покрытий на изношенные поверхности шеек коленчатого вала используется детонационная установка (рис. 1.4), разработанная в Институте гидродинамики имени М. А. Лаврентьева СО РАН г. Новосибирск. Детонационный комплекс состоит из пушки, компьютеризированной системы управления, автономной системы охлаждения и вспомогательного оборудования, предназначен для нанесения износостойких, жаропрочных, антикоррозионных и других покрытий на детали машин и механизмов [20].

Основные технические характеристики используемой детонационной установки представлены в таблице 2.4 [41].

Таблица 2.4 – Технические характеристики детонационной установки

Характеристики установки	Значение
Скорость частиц порошка, м/с	1500
Скорострельность, выстрелов в секунду	6-20
Производительность, кг/ч	до 2
Коэффициент использования порошка, %	до 75
Толщина покрытия за 1 выстрел, мкм	до 20
Пористость покрытий, %	менее 1,0
Адгезия, МПа	до 150
Потребляемая электрическая мощность, кВт	1
Топливо	ацетилен, пропан, бутан и др.
Окислитель	кислород

Вращение детали и перемещение ствола пушки синхронизированы и регулируются автоматически с помощью управляющей ЭВМ. Детонационная пушка, манипулятор и вращатель расположены в шумоизолирующей камере, а газовые болоны и система управления комплексом вынесены отдельно.

2.5 Струйно-абразивная обработка

Струйно-абразивная обработка является одним из наиболее распространенных способов подготовки поверхности металлических материалов для газотермического напыления покрытий [21]. Её применяют в целях активации и придания нужной шероховатости напыляемой поверхности.

Шероховатость поверхности после обработки зависит от материала детали и требуемой толщины покрытия. Рекомендуемая степень шероховатости поверхности после струйно-абразивной подготовки ГОСТ 2789-73) Прочность сцепления покрытий в зависимости от метода обработки напыляемой поверхности приведена в таблице 2.5 [21].

Таблица 2.5 – Прочность сцепления покрытий в зависимости от метода обработки напыляемой поверхности, МПа [21]

Материал основы	Способ обработки поверхности			
	Обдувка кремнеземом	Обдувка корундом	Нанесение рваной резьбы	Электроискровая подготовка
Цинк	10	12	16	13
Алюминий	13	17	26	21
Латунь	6	17	30	24
Бронза	17	40	43	21
Медь	13	25	24	20
Сталь 0,1% С	10	38	50	22
Сталь 0,8% С	14	34	37	20

Обработка выполняется на абразивно-пневматической установке состоящей из следующих основных узлов: струйного аппарата, системы сбора, регенерации и подачи на повторное использование абразива, системы подготовки воздуха (регулирование давления, осушка и очистка от масла), и средств механизации для подачи и установки в требуемом положении обрабатываемых деталей. Принцип действия струйного аппарата основан на преобразовании энергии сжатого воздуха в кинетическую энергию потока абразивных частиц.

При контакте абразивных зерен с обрабатываемой поверхностью не все зерна выполняют одинаковую работу. Часть зерен, врезаясь в металл, снимает стружку; другая часть, имеющая глубину врезания, меньшую, чем радиус округления режущей кромки, скоблит поверхность без снятия стружки, а третья часть зерен, попадая на металлическую поверхность, выдавливает металл в стороны. В результате воздействия абразивных зерен

на обрабатываемую поверхность образуется новый микрорельеф с пластически деформированным слоем. Вследствие упругой и пластической деформации, увеличения концентрации дефектов, разрушения микрообъемов, и возникновения остаточных напряжений в поверхностном слое металла происходит изменение физико-механических свойств. Происходят изменения микроструктуры и нагрев слоя металла, прилегающего к месту удара. Нагрев вызывает молекулярное взаимодействие (притяжение и схватывание) металла и абразивных зерен. В процессе струйно-абразивной обработки поверхности металла возможно явление наклепа [23].

В таблице 2.6. приведены режимы струйно-абразивной обработки порошком электрокорунда.

Таблица 2.6 – Режимы струйно-абразивной обработки

Режимы обработки	Значение
Давление сжатого воздуха, МПа	0,5
Угол атаки струи абразива, град	90
Расстояние от среза сопла до поверхности, мм	150
Расход абразива, кг/ч	3
Число проходов	2
Абразивный материал	Электрокорунд (ОСТ 2МТ793-80)
Зернистость абразивного материала	100-125 (ГОСТ 3647-80)

К недостаткам струйно-абразивной обработки относится: быстрое снижение активности поверхности основы из-за химической адсорбции газов из атмосферы и окисления; внедрение (шаржирование) абразивных частиц в обрабатываемую поверхность; низкая износостойкость абразивных зерен. При ударе абразивных частиц появляется большое количество микротрещин в поверхностных слоях материала основы, которые являются концентраторами напряжений.

После окончания струйно-абразивной обработки необходимо произвести контроль поверхности и убедиться в однородности ее шероховатости.

На рис. 2.1 представлено 3D-изображение поверхности обработанной струйно-абразивным способом.

2.6 Разработка технологического процесса восстановления и ремонта

Технологический процесс ремонта – это совокупность технологических операций, обеспечивающих восстановление работоспособного состояния детали при выполнении работ по технологическому маршруту.

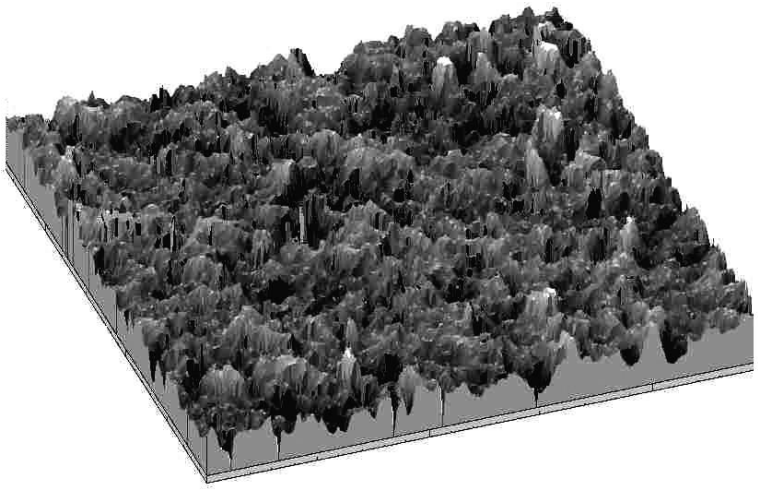


Рисунок 2.1 – Поверхность после струйно-абразивной обработки

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

Технологический маршрут восстановления коленчатого вала восьмицилиндрового двигателя КАМАЗ 740 газотермическим напылением представлен в таблице 2.7.

Таблица 2.7. Технологический маршрут восстановления коленчатого вала

Операция	Наименование и краткое содержание операции	Наименование оборудования	Средства технологического оснащения
005	Очистка Установить вал в корзину. Автоматическая мойка. Достать вал из корзины.	Моечная машина AM 900 AV	Моющее и очищающее средство МС-6 ТУ 46-806-72

010	Дефектация Установить вал на призмы. Провести измерения и контроль годности вала.	Верстак.	Ультразвуковой дефектоскоп УЗД-7Н. Комплект измерительного инструмента.
015	Шлифовальная Установить вал, выверить, закрепить. Шлифовать шейки вала. Снять вал.	Станок для шлифовки шеек коленчатых валов 3Д4230	Круг шлифовальный. Центросместитель. Стойка и индикатором.
020	Слесарная Установить защитные экраны на не напыляемые поверхности. Подготовить порошок и газ. Обезжирить шейки вала.	Верстак. Шкаф сушильный.	Защитные экраны. Проволока вязальная. Сито 15-50 мкм. Уайт-спирит.
025	Струйно-абразивная Установить вал в бункер. Провести обработку шеек. Достать вал.	Абразивно-пневматическая установка	Электрокорунд 12Л, зернистостью 53Н (ГОСТ 3647-80)
030	Контрольная Контролировать диаметры шеек. Обезжирить.	Верстак.	Призмы. Микрометр МК 75-100. Уайт-спирит.
035	Газотермическая Установить вал, выверить, закрепить. Нанести покрытие на шейки. Снять вал.	Детонационная установка.	Порошок для напыления.
040	Термообработка Установить вал на поддон. Оплавить покрытие.	Печь для отпуска металлов.	

	Снять деталь.		
045	Контрольная Контролировать толщину покрытия.	Верстак.	Толщиномер CEM DT-156 480267.
050	Шлифовальная Установить вал, выверить, закрепить. Шлифовать шейки вала. Снять вал.	Станок для шлифовки шеек коленчатых валов 3Д4230	Круг шлифовальный. Центросместитель. Стойка и индикатором.
055	Контрольная Контролировать толщину покрытия, шероховатость поверхностей, диаметры шеек, технические требования согласно ремонтного чертежа.	Верстак.	Толщиномер CEM DT-156 480267. Микрометр МК 75-100. Стойка индикаторная. Индикатор часового типа. Призмы. Центра.
060	Консервация Покрыть поверхность вала тонким слоем масла. Обернуть оберточной бумагой.	Верстак.	Масло индустриальное 20. Кисть. Бумага оберточная.

Далее выполняется детальную проработку технологических операций [34-36].

005 операция – Очистка. На данной операции выполняется отчистка и мойка коленчатого вала от масляных и других загрязнений образовавшихся на поверхностях вала в процессе эксплуатации двигателя. Мойка проводится в моечной машине AM 900 AV производства «Моторные технологии» Россия. Автоматическая промывочная установка AM 900 AV представляет собой моечную камеру с замкнутым контуром. Температура и продолжительность цикла обработки задается на панели управления. Вращение корзины обеспечивает необходимое позиционирование деталей перед

коллекторами. П-образная форма рамп позволяет промывать изделия сверху, снизу и сбоку в течение заданного времени. Для наполнения бака используется обычная водопроводная вода. Корзина с деталями вращается равномерно с частотой 5-10 об/мин. Это обеспечивает высокое качество очистки, за счет равномерной подачи моющего раствора по всей поверхности деталей. Технические характеристики моечной машины AM 900 AV представленны в таблице 2.8.

Таблица 2. 8 – Технические характеристики моечной машины AM 900 AV

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

Для выполнения данной операции в соответствии с рекомендациями [32] выбираем моющее и очищающее средство МС-6 ТУ 46-806-72 для очистки и обезжиривания металлических поверхностей. Режимы моечной операции представлены в таблице 2.9.

Таблица 2.9 – Режимы моечной операции

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

010 операция – Дефектация. При выполнении данной операции производится контроль годности валов и сортировка их на три группы: годные без ремонта, требующие ремонта и негодные, подлежащие сдаче в металлолом. Валы годные без ремонта поступают на места складирования годных деталей. Негодные валы сдаются в металлолом. Коленчатые валы, требующие ремонта, поступают на участок ремонта. При износе коренных и шатунных шеек критерием, является допустимый диаметр шеек для шатунных 79,6 мм, для коренных 94,6 мм при износе свыше указанных диаметров валы отправляются на восстановление.

В данной ВКР для проведения дальнейших расчётов и разработки технологии восстановления изношенных поверхностей шеек принимается, диаметр коренных шеек 94,5 мм диаметр шатунных шеек 79,5 мм.

При дефектации выявляют:

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

Дефекты выявляют следующими способами:

1. Внешним осмотром;
2. С помощью инструментов, приборов, стендов.

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

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

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

015 операция – Шлифовальная. Выполняется на станке для шлифования шеек коленчатых валов 3Д4230. В таблице 2.10 представлены технические характеристики станка.

Таблица 2.10 – технические характеристики станка 3Д4230

Наименование параметра	Характеристика
Класс точности	В/А
Наибольший диаметр вращения устанавливаемого изделия, мм	580
Наибольшая длина устанавливаемого изделия в центрах, мм	1600
Наибольшая длина устанавливаемого изделия в патронах, мм	1450
Наибольший диаметр шлифования без люнета, мм	200

Наибольший диаметр шлифования в люнете, мм	130, 200
Наименьший диаметр шлифования в люнете, мм	25
Высота центров, мм	300
Наибольшая длина шлифования, мм	1600
Наибольший радиус кривошипа, мм	110
Наибольшая масса обрабатываемого изделия, кг	160
Наибольшее перемещение шлифовальной бабки, мм	175
Диаметр шлифовального круга - наименьший/ наибольший, мм	750/ 900
Диаметр шлифовального круга - посадочный, мм	305
Наибольшая высота устанавливаемого круга, мм	63
Частота вращения шпинделя шлифовальной бабки, об/мин	740
Окружная скорость шлифовального круга, м/с	35
Точность обработки - конусность, мкм	2,5
Точность обработки - овальность, мкм	2,5
Частота вращения изделия (при частоте тока 50 Гц), об/мин	30; 60; 85; 174
Количество скоростей вращения изделия	4
Количество электродвигателей на станке	7
Электродвигатель шпинделя шлифовальной бабки М1, кВт	11,0
Суммарная мощность электродвигателей, кВт	14,63
Габаритные размеры станка (длина х ширина х высота), мм	5600 х 2600 х 1900
Масса станка с электрооборудованием и охлаждением, кг	7500

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

Расчёт режимов резания выполняется по рекомендациям [22, 34]. Проведём расчет режимов для обработки шатунной шейки $\varnothing 79_{-0,1}$ мм.

а) Припуск на сторону: h = 0,25 мм.

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

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

г) Глубина шлифования: t = 0,25 мм.

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

$$S = (0,4...0,7) \cdot B, \qquad (4.1)$$

где B – толщина круга, мм.

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

ж) Определяем число оборотов заготовки по формуле (4.17).

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

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

и) Находим действительную скорость резания по формуле:

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

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

$$N = C_N \cdot V_З^r \cdot t^x \cdot S^y \cdot d, \qquad (4.1)$$

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

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

л) Проверка на достаточность привода станка производится по формуле (4.23). Найдем мощность привода станка по формуле (4.24).

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

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

м) Основное время, мин, определяется по формуле.

$$T_o = \frac{(l_o + B + l_{пер}) \cdot h \cdot k_т}{S \cdot n \cdot t}, \qquad (4.2)$$

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

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

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

Основное время для четырёх шатунных шеек составит:

T_o = 3,6 мин.

Расчёт режимов резания для обработки коренной шейки $\varnothing 94_{-0,1}$ мм. Выполняется аналогично представленным выше расчётам, результаты расчетов сведём в таблицу 2.11.

Таблица 2.11 – Режимы резания при обработки одной коренной шейки

Содержание перехода	t, мм	S, мм/мин	n, об/мин	V, м/мин	T_o, мин
Шлифование коренной шейки $\varnothing 94_{-0,1}$ мм	0,25	15	100	30	1,1

Основное время для пяти коренных шеек составит: T_o = 5,5 мин.

Суммарное основное время на шлифование всех шеек коленчатого вала составляет T_o = 9,1 мин.

020 операция – Слесарная. На данной операции осуществляется установка защитных металлических экранов на не напыляемые поверхности с целью защиты их от воздействия газовой струи. Подготовка порошка и газов. Порошок просеивается через сито с размерами ячеек соответствующих размерам требуемых гранул от 15 до 50 мкм. Просушивание производится противнях при температуре 150-200 ºС продолжительностью 2-3 часа. Во время просушивания рекомендуется производить перемешивание.

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

025 операция – Струйно-абразивная. Поверхности шеек перед струйно-абразивной обработкой обезжирить уайт-спиритом. Выполнить струйно-абразивную обработку поверхностей шеек коленчатого вала с соблюдением режимов в таблице 2.6. с обеспечением шероховатости поверхности Rz 40 мкм. Напыление поверхности проводить не позднее чем через 60 минут.

030 операция – Контрольная. Контролировать диаметры шатунных шеек и коренных шеек, номинальные значения которых должны быть не более $94^{+0,1}$ мм и $79^{+0,1}$ мм соответственно. При контролировании размеров не допускается прикасаться к обработанным шейкам. Выполнить повторное обезжиривание поверхностей шеек поливом.

035 операция – Напыление. Вал установить во вращатель установки дня напыления, закрепить. Установить срез ствола детонационной пушки на

расстоянии 100 мм от поверхности первой напыляемой шейки под углом 90° к нормали, оси ствола детонационной пушки и шейки должны пересекаться.

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

$$\delta_н = \delta_{из} + \delta_о, \quad (2.1)$$

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

$\delta_о$ – величина припуска на последующую механическую обработку, мм.

При износе коренных и шатунных шеек критерием, является допустимый диаметр шеек для шатунных 79,6 мм, для коренных 94,6 мм при износе свыше указанных диаметров валы отправляются на восстановление.

В дипломном проекте рассматривается самый худший вариант, т.е. ниже допусков последнего ремонтного размера, поэтому для расчетов технологического времени восстановления коленчатого вала применяются диаметры изношенных коренных шеек 94,5 мм диаметр изношенных шатунных шеек 79,5 мм. После чего данные шейки шлифуются до диаметров 94,0 мм и 79,0 мм. Соответственно $\delta_{из}$ составляет 0,5 мм.

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

Соответственно, толщина напыленного слоя:

δн=0,5+0,5=1 мм.

Произвести напыление покрытия на шейки коленчатого вала толщиной 1 мм.

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

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

где, P_H - номинальный размер коленчатого вала, мм,

$P_Ф$ - фактический размер, мм,

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

Z -припуск на шлифование, мм,

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

Количество проходов (оборотов):

Для коренной шейки:

P_H =91,0мм,

$P_Ф$ =89,0 мм,

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

Принимаю 105 проходов.

Для шатунной шейки:

P_H =81,0 мм,

P_{Φ}=79,0 мм,

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

Принимаю 105 проходов.

040 операция – Термообработка. Коленчатый вал установить в печь для отпуска, провести оплавление покрытия при температуре 300 °С в течении 60 минут. Для оплавления применяется печь [33] для отпуска металлов с вакантным поддоном 600х1000х500 мм.

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

050 операция – Шлифовальная. Выполняется на станке для шлифования шеек коленчатых валов 3Д4230. На данной операции выполняется шлифование шатунных и коренных шеек коленчатого вала КамАЗ 740 с обеспечением номинальных размеров $\varnothing 80_{-0,013}$ мм и $\varnothing 95_{-0,015}$ мм соответственно и технических требований согласно ремонтного чертежа.

Расчёт режимов резания выполняется по рекомендациям [34]. Данные расчетов сведены в таблицу 2.12

Таблица 2.12 – Режимы резания при обработки одной шейки

Содержание перехода	t, мм	S, мм/мин	n, об/мин	V, м/мин	T_o, мин
Шлифование шатунной шейки $\varnothing 80_{-0,013}$ мм	0,5	15	100	30	1,8
Шлифование коренной шейки $\varnothing 95_{-0,015}$ мм	0,5	15	100	30	1,2

Суммарное основное время на шлифование всех шеек коленчатого вала составляет T_o = 13,2 мин.

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

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

2.7 Нормирование технологического процесса

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

Основное время и вспомогательное время определяется согласно нормативов норм времени [22, 36] на выполняемые виды работ, а так же в зависимости от рекомендуемой продолжительности основного времени на некоторых операциях технологического процесса.

I. Определение времени необходимого для газопламенного напыления:

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

где, b - ширина шейки коленчатого вала, мм,

D - диаметр обрабатываемой шейки коленчатого вала, мм;

$n_{пр.}$ - количество проходов (оборотов);

v - скорость напыления, мм/мин,

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

где: D – диаметр шейки, мм;

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

для шатунной шейки:

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

для коренной шейки:

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

а) Напыление шатунной шейки:

D =80 мм,

b =67 мм,

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

г) Коренная шейка:

D =95 мм,

b =36,2 мм,

$$t_{ш} = \frac{D \cdot \pi \cdot b}{V} \cdot X = \frac{95 \cdot 3.14 \cdot 36,2}{30 \cdot 10^3} = 1.1 мин$$

д) Время необходимое для газопламенного напыления:

$$T_0 = t_{.Ш} \cdot 4 + t_{.К} \cdot 3 + t_{.1.К} + t_{5.К.}$$

$T_о$=(1,7×4)+(1,1×5)=12,3 мин

е) Вспомогательное время наплавки :

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

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

t_0 =3,6 мин,

t_1 -время на установку и снятие детали, мин, t_1 =0,35 мин (таб. 32 [24]),

t_2 -время, связанное с переходом, мин, t_2 =0,27 мин,

t_4 -время на заглушку отверстий, мин, t_4 =6,5 мин,

t_5 -время на нагрев детали, мин, t_5 =4 мин,

t_6 -время на подвод шатунной шейки, мин, t_8 =0,6 мин.

$$T_В = 3,6 + 0,35 + 0,27 + 6,5 + 4 + (4 \cdot 0,6) = 17,12 мин$$

Результаты нормирования приведены в таблице 2.13.

Таблица 2.13 – Результаты нормирования

Наименование операции	$T_О$, мин	$T_В$, мин	$T_{ШТ}$, мин
005 Очистка	25	2	27
010 Дефектация	6	2	8
015 Шлифовальная	6	5,5	11,5

020 Слесарная	12	2	14
025 Струйно-абразивная	3	2	5
030 Контрольная	1,8	2	3,8
035 Напыление	12,3	17,1	22,85
040 Термообработка	60	2	62
045 Контрольная	2,2	2	4,4
050 Шлифовальная	13,2	5,5	18,7
055 Контрольная	3,6	2	5,6
060 Консервация	0,8	1,1	1,9
ИТОГО			191,3 мин

Штучное время, затрачиваемое на восстановление изношенных поверхностей шеек коленчатого вала составляет $т_{шт}$ = 191,3 мин.

2.8 Определение трудоемкости

Трудоемкость восстановления одного коленчатого вала:

$$T = \frac{T_{ОБЩ.К.В.}}{60},$$

$$T = \frac{191.3}{60} = 3.1 чел/час$$

Общая годовая трудоемкость:

$$T_{ОБ} = T \cdot П$$

где, П - годовая программа участка восстановления коленчатых валов,

П=1000 шт.

$$T_{ОБ} = 3{,}1 \cdot 1000 = 3100 чел/час$$

2.9 Расчет количества рабочих

Действительный годовой фонд рабочего времени в 2019 году – 1946 час. Потребное количество рабочих:

$$N_P = \frac{T_{ОБ}}{\Phi_Д},$$

$$N_P = \frac{3100}{1946} = 1,6$$

Принимается 2 человека, работа в одну смену.

На основании приведенных расчетов принимается для технологического процесса восстановления коленчатых валов двигателя КамАЗ-740 следующее оборудование и технологическую оснастку. Оборудование и оснастка сведена в таблицу 2.14

Таблица 2.14 – Оборудование участка восстановления коленчатых валов

Поз.	Наименование оборудования	Габаритные размеры, мм	Количество	Занимаемая площадь, м^2
1	Стеллаж для валов подлежащих восстановлению	1200x700x600	1	0,84
2	Моечная машина AM 900 AV	1050x1200x1600	1	1,1
3	Верстак	1600x800x600	1	1,28
4	Станок шлифовальный 3Д4230	5200x2300x1500	1	9,0
5	Верстак с полкой	1600x700x650	1	1,12
6	Абразивно-пневматическая установка	2200x1600x1700	1	2,45
7	Установка для напыления валов	2100x600x1500	1	1,19
8	Печь для отпуска металлов с выкатанным	1400x800x1200	1	1,12

	поддоном			
9	Верстак с тумбой	1600x700x600	1	1,12
10	Верстак с полкой	1600x700x650	1	1,12
11	Шкаф сушильный	1000x1000x1500	1	1,0
12	Стеллаж	1200x400x1800	1	0,48
13	Шкаф защитный с оборудованием	1200x700x800	1	0,84
14	Верстак	1600x700x600	1	0,96
15	Шумаизоляционная камера	5000x3200x3200	1	16,0
16	Шкаф с газовым оборудованием	1600x600x1500	1	0,96
17	Щит со средствами пожаротушения	1200x1500x50	2	0,6
18	Стеллаж с оснасткой	1600x700x1000	1	1,28
19	Кран передвижной гидравлический	1500x1200x1500	1	2,3
			ИТОГО:	44,76

2.10 Площадь производственного помещения

Определяется по формуле:

$$F = F_{об} \cdot K_{об}$$

где , $F_{об}$ - суммарная площадь, занятая оборудованием, $м^2$.

$F_{об}$ принимаем 30 м^2 так как вычитаем площадь камеры шумаизоляционной.

$K_{об}$ - коэффициент плотности расстановки оборудования.

$K_{об}$ =(4.0…4.5),

$$F = 30 \cdot 4.5 = 135 м^2$$

Площадь участка по восстановлению коленчатых валов равна F=135 м^2.

2.11 Разработка конструкции приспособления для закрепления коленчатого вала

Целью данного раздела ВКР является разработка универсального приспособления для закрепления коленчатого вала на установки напыления с возможностью регулирования положения осей шеек относительно оси вращения [37].

Разработанное приспособление предполагается применять на операциях 035 Напыление. Приспособление позволяет изменять положения осей шеек с целью совмещения с осью вращения шпинделя установки для напыления.

Приспособление состоит (см. лист графической части) из диска основания поз.1, фланца поз.2 на который устанавливается токарный 3-х кулачковый патрон поз. 7. Балансиры поз.3 установлены в пазы диска основания, по которым они перемещаются. Гайками поз. 6 балансиры фиксируются в необходимом положении. Фланец с патроном закрепляется на диски основания с помощью гаек поз.8 Диск основания имеет 6 резьбовых отверстий, которыми с помощь болтов он закрепляется к фланцу шпинделя установки напыления. Фланец поз.10 с патроном поз. 7 имеет возможность перемещаться вдоль пазов диска основания на величину до 100 мм. Закрепление в пазах осуществляется гайками поз. 10.

Приспособление предназначено для совмещения осей шатунных шеек с осью вращения шпинделя при напылении шатунных шеек.

Выполним расчет [25] болтов поз 10 на срез. Материалом для изготовления болтов является сталь 45.

Диаметр болта рассчитывается по формуле:

$$d = \sqrt{\frac{4P}{\pi[\tau_{CP}]}},$$

где *P* – сила действующая поперек болта, Н;

$[\tau_{CP}]$ - допускаемое напряжение на срез, МПа.

Для материала болта $[\tau_{CP}] = 140$ МПа

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 1400}{3{,}14 \cdot 120 \cdot 10^6}} = 0{,}0102$$

Из стандартного ряда диаметров, принимаем d=14 мм.

3 Результаты проведённой разработки

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ФЮРА 10Б51.003.ПЗ		
Разраб.		Курманов			Результаты проведённой разработки Пояснительная записка	Лит.	Лист	Листов
Пров.		Зайцев						1
Н.контр.		Зайцев				ЮТИ ТПУ Гр. 10Б51	
Утв.							

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

Копировал

Формат А4

Таблица 3.1

Технологическая карта процесса восстановления шеек коленчатого вала двигателя Евро-2 КамАЗ-740

№	Наименование операции	Содержание операции	Оборудование	Средства технологического оснащения	Нормы времени, мин.	Технические требования и указания на выполнение работ
005	Очистка	Установить вал в корзину. Автоматическая мойка. Достать вал из корзины.	Моечная машина AM 900 AV.	Моющее и очищающее средство МС-6 ТУ 46-806-72	27	Работы выполнять в химически стойких перчатках, фартуке, ботинках.
010	Дефектация	Установить вал на призмы. Провести измерения и контроль годности вала.	Верстак.	Ультразвуковой дефектоскоп УЗД-7Н. Комплект измерительного инструмента.	8	Необходимо выявить дефекты подлежащие устранению.
015	Шлифовальная	Установить вал, выверить, закрепить. Шлифовать шейки вала. Снять вал.	Станок для шлифовки шеек коленчатых валов 3Д4230.	Круг шлифовальный. Центросместитель. Стойка с индикатором.	11,5	Рекомендуемые режимы: t = 0,25 мм; S = 15 мм/мин; v = 30 м/мин.
020	Слесарная	Установить защитные экраны на не напыляемые	Верстак.	Защитные экраны.	14	Закрыть не напыляемые поверхности металлическими экранами.

№	Наименование операции	Содержание операции	Оборудование	Средства технологического оснащения	Нормы времени, мин.	Технические требования и указания на выполнение работ
		поверхности. Подготовить порошок и газ. Обезжирить шейки вала.	Шкаф сушильный.	Проволока вязальная. Сито 15-50 мкм. Уайт-спирит.		Обезжирить.
025	Струйно-абразивная	Установить вал в бункер. Провести обработку шеек. Достать вал.	Абразивно-пневматическая установка	Электрокорунд (ОСТ 2МТ793-80) зернистость100-125 (ГОСТ 3647-80)	5	Обеспечить равномерную шероховатость поверхности.
030	Контрольная	Контролировать диаметры шеек. Обезжирить.	Верстак.	Призмы. Микрометр МК 75-100. Уайт-спирит.	3,8	Контролировать диаметры шеек под напыление.
035	Газотермическая	Установить вал, выверить, закрепить. Нанести покрытие на шейки. Снять вал.	Детонационная установка.	Порошок для напыления.	22,85	Нанести покрытие требуемой толщины. Режимы: t = 0,5 мм; X = 105;

№	Наименование операции	Содержание операции	Оборудование	Средства технологического оснащения	Нормы времени, мин.	Технические требования и указания на выполнение работ
						v =25…30 м/мин. L=100 мм.
040	Термообработка	Установить вал на поддон. Оплавить покрытие. Снять деталь с поддона.	Печь для отпуска металлов.	Поддон выкатной	62	Выдержать в печи вал при температуре 300°С
045	Контрольная	Контролировать толщину покрытия.	Верстак.	Толщиномер CEM DT-156 480267.	4,4	Работы выполнять в соответствии с инструкцией.
050	Шлифовальная	Установить вал, выверить, закрепить. Шлифовать шейки вала. Снять вал.	Станок для шлифовки шеек коленчатых валов 3Д4230	Круг шлифовальный. Центросместитель. Стойка и индикатором.	18,7	Рекомендуемые режимы: t = 0,5 мм; S = 15 мм/мин; v = 30 м/мин.
055	Контрольная	Контролировать толщину покрытия, шероховатость поверхностей, диаметры шеек, технические требования согласно	Верстак.	Толщиномер CEM DT-156 480267. Микрометр МК 75-100. Стойка индикаторная. Индикатор часового типа.	5,6	Проверить размеры на соответствие ремонтному чертежу.

№	Наименование операции	Содержание операции	Оборудование	Средства технологического оснащения	Нормы времени, мин.	Технические требования и указания на выполнение работ
		ремонтного чертежа.		Призмы. Центра.		
060	Консервация	Покрыть поверхность вала тонким слоем масла. Обернуть оберточной бумагой.	Верстак.	Масло индустриальное 20. Кисть. Бумага оберточная.	1,9	Покрыть поверхность вала тонким слоем масла.
Итого по технологическому процессу					191,3	

4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность, ресурсосбережение

					ФЮРА 10Б51.004.ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата				
Разраб.		Курманов			Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность, ресурсосбережение Пояснительная записка	Лит.	Лист	Листов
Пров.		Нестерук						1
Н.контр.		Зайцев				ЮТИ ТПУ Гр. 10Б51		
Утв.								

Перв. примен. | Справ. № | Подп. и дата | Инв. № дубл. | Взам. инв. № | Подп. и дата | Инв. № подл.

Копировал Формат А4

4.1 Расчёт объёма капитальных вложений

Целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является расчёт себестоимости восстановления коленчатого вала двигателя Евро-2 КамАЗ-740.

В объём капитальных вложений входит [38]:

- стоимость технологического оборудования;
- стоимость вспомогательного оборудования;
- стоимость инструментов и инвентаря;
- стоимость эксплуатируемых помещений;
- стоимость оборотных средств в производственных запасах, сырьё и материалах;
- стоимость оборотных средств в незавершённом производстве;
- стоимость оборотных средств в запасах готовой продукции;
- стоимость оборотных средств в дебиторской задолженности;
- сумма денежных оборотных средств.

4.1.1 Стоимость технологического оборудования

Стоимость технологического оборудования ($К_{то}$) представляет собой сумму произведения количества оборудования и его цены по всем операциям технологического процесса:

$$К_{то} = \sum_{i=1}^{m} Q_i \cdot Ц_i \,, \qquad (4.1)$$

где:

m – количество операций технологического процесса изготовления изделия;

Q_i – принятое количество единиц оборудования, занятого выполнением *i*-ой операции, шт.;

$Ц_i$ – балансовая стоимость единицы оборудования, занятого выполнением *i*-ой операции, руб.

Стоимость оборудования взята из открытых источников сети интернет на 01.05.2019 года. Расчет сводим в таблицу 4.1.

Таблица 4.1 – Стоимость технического оборудования

№ операции	Модель оборудования	$Ц_i$, руб.	Q_i, шт.	$К_{то\,i}$, руб.
005	Моечная машина AM 900 AV	85000	1	85000
015, 050	Станок для шлифовки шеек коленчатых валов 3Д4230	2470000	1	2470000
020	Шкаф сушильный	85000	1	85000
025	Абразивно-пневматическая установка	150000	1	150000
035	Детонационная установка	870000	1	870000
040	Печь для отпуска металлов	140000	1	140000
Всего				3 800 000

4.1.2 Стоимость вспомогательного оборудования

К вспомогательному оборудованию относятся машины и оборудование (компрессоры, двигатели, прессы, вычислительная техника, лабораторное оборудование, транспортные средства и т.д.), неучтенное в стоимости основного технологического оборудования п.4.1.1, но принимающее непосредственное участие в технологическом процессе.

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

$$К_{во} = К_{то} \cdot 0{,}30, \qquad (4.2)$$

где:

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

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

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

4.1.3 Стоимость инструментов, приспособлений и инвентаря

Стоимость инструментов и инвентаря по предприятию может быть установлена приближенно в размере 10 – 15 % от стоимости технологического оборудования.

В данном случае учитывается стоимость:

1) Инструментов всех видов (режущие и мерительные) и прикрепляемые к машинам приспособления для обработки изделия;

2) Производственного инвентаря для обеспечения производственных процессов (рабочие столы, верстаки, инвентарь для хранения жестких и сыпучих тел, охраны труда и т.д.);

3) Хозяйственного инвентаря (шкафы, столы, инвентарь конторского назначения и т.д.).

$$K_{ии} = K_{то} \cdot 0,15, \qquad (4.3)$$

где:

$K_{ии}$ – стоимость инструментов и инвентаря, руб.;

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

$$K_{ии} = 3800000 \cdot 0,10 = 380000 \text{ руб.}$$

4.1.4 Стоимость эксплуатируемых помещений

Стоимость эксплуатируемых помещений рассчитываем по формуле

$$C_{П}^{II} = (S_{ПП} \cdot A_{ПП} + S_{СП} \cdot A_{ПП}) \cdot T, \qquad (4.4)$$

где:

$S_{пп}$, $S_{сп}$ – соответственно производственная и складская площадь, м^2;

$А_{пп}$, $А_{сп}$– арендная плата 1м^2 за месяц, руб./м^2;

Т – отчетный период (Т=12 мес.).

$$C_{П}^{II} = (182 \cdot 22{,}6 + 20 \cdot 22{,}6) \cdot 12 = 54780{,}4 \text{ руб}$$

4.1.5 Стоимость оборотных средств в производственных запасах, сырье и материалах

Данные средства рассчитываются по формуле:

$$K_{пзм} = \frac{H_м \cdot N \cdot Ц_м}{360} \cdot T_{обм} = \frac{0{,}1 \cdot 1000 \cdot 1800}{360} \cdot 3 = 1500 \text{ руб}, \qquad (4.5)$$

где:

$H_м$ - норма расхода материала, кг/ед;

N - годовой объем производства продукции, шт.;

$Ц_м$ - цена материала, $Ц_м = 1800$ руб./кг;

$T_{обм}$ - продолжительность оборота запаса материалов (квартал, полугодие, определенный период) в днях $T_{обм} = 3$.

4.1.6 Сумма капитальных вложений

Сумма капитальных вложений определяется по формуле:

$$C_{к.в.} = K_{то} + K_{во} + K_{ии} + C_п + K_{пзн}, \qquad (4.6)$$

$$C_{к.в.} = 5385280 \text{ руб.}$$

4.2 Определение сметы затрат на производство продукции

4.2.1 Расходы на материалы:

Затраты на материалы $С_м$ рассчитываются по формуле:

$$C_м = N \cdot \left(Ц_м \cdot H_м \cdot K_{тзр} - Ц_о \cdot H_о\right), \qquad (4.7)$$

где:

$K_{тзр}$ – коэффициент транспортно-заготовительных расходов ($К_{тзр}$=1,01);

$Ц_о$ – цена возвратных отходов, $Ц_о = 0{,}585$руб/кг;

$Ц_м$ - цена материала, $Ц_м$=1800 руб./кг

$H_о$ – норма возвратных отходов кг/шт;

Результаты расчета сведены в таблицу 4.2.

Таблица 4.2 – Затраты на материалы

Название детали	Затраты на материалы, руб.	Возвратные отходы, руб.	$C_м$, руб.
Инструменты и расходные материалы	181800	800	181800
Всего:			181000

4.2.2 Расчёт заработной платы производственных работников

Заработная плата рассчитывается по формуле:

$$C_{зо} = \sum_{i=1}^{m} \frac{t_{штi} \cdot C_{часj}}{60} \cdot k_n \cdot k_p \cdot N, \qquad (4.8)$$

где:

m – количество операций технологического процесса; m=12;

$t_{штi}$ – норма времени на выполнение i-ой операции, ч./ед;

$C_{часj}$ – часовая ставка j-го разряда, руб./час;

k_n – коэффициент, учитывающий премии и доплаты ($k_n \approx 1{,}1$);

k_p - районный коэффициент ($k_р$=1,3).

Результаты расчета сведены в таблицу 4.3.

Таблица 4.3 – Расчёт фонда заработной платы

Профессия рабочего	$t_{штi}$, ч.	Количество	$C_{часi}$, руб.	$C_{зоi}$, руб
Слесарь 4 разряда	1,75	1	550,00	962,5
Станочник 4 разряда	1,95	1	550,00	1072,5

ИТОГО:	2035

4.2.3 Отчисления на социальные нужды по заработной плате основных производственных рабочих.

Отчисления на социальные нужды:

$$C_{осо} = C_{зо} \cdot (\alpha_1 + \alpha_2), \qquad (4.9)$$

где:

$C_{осо}$ – отчисления на социальные нужды, руб.;

$C_{зо}$ – основная заработная плата, руб.;

α_1 – обязательные социальные отчисления, $\alpha_1 = 30\%$ руб./год;

α_2 – социальное страхование по профессиональным заболеваниям и несчастным случаем, $\alpha_2 = (0{,}03 \div 0{,}17)$ % руб./год.

$$C_{осо} = 2035 \cdot (0,3 + 0,03) = 671{,}55 \text{ руб./год.}$$

4.2.4 Расчет амортизации основных фондов

Амортизация основных фондов – это перенос части стоимости основных фондов на вновь созданный продукт для последующего воспроизводства основных фондов к времени полного износа.

В расчетах ВКР целесообразно определить годовую норму амортизации каждого оборудования, по следующей схеме используя линейный метод:

$$a_{нi} = \frac{1}{T_0} \cdot 100\%, \qquad (4.10)$$

где:

$a_{нi}$ – годовая норма амортизации каждого оборудования, руб.;

T_0 – срок службы оборудования, $T_0 = (3 \div 12)$ лет.

$$a_{нi} = \frac{1}{12} \cdot 100\% = 8{,}33\%$$

Сумма амортизации определяется:

$$A = \sum_{i=1}^{n} Ц_i \cdot a_{нi} \,, \qquad (4.11)$$

где:

A – сумма амортизации, руб.;

n – количество оборудования, шт.; n=3;

$Ц_i$ – балансовая стоимость единицы оборудования, занятого выполнением *i*-ой операции, руб.;

$a_{нi}$ – годовая норма амортизации каждого оборудования.

При небольшом объеме производства и не полной загрузки оборудования (оборудование загружено еще производством других видов продукции) необходим расчет амортизационных отчислений, приходящихся на один час работы оборудования:

$$A_ч = \sum_{i=1}^{n} \frac{Ц_i \cdot a_{нi}}{F_д \cdot K_{врi}} \,, \qquad (4.12)$$

где: $A_ч$ – сумма амортизации, руб.;

n – количество оборудования, шт.;

$Ц_i$ – балансовая стоимость единицы оборудования, занятого выполнением *i*-ой операции, руб.;

$a_{нi}$ – годовая норма амортизации каждого оборудования, руб.;

$F_д$ – действительный годовой фонд рабочего времени работы оборудования, $F_д = 1916{,}72$ часов;

$K_{врi}$ – коэффициент загрузки *i*-го оборудования по времени.

Расчеты затрат на амортизацию оборудования сведены в таблицу 4.4.

Таблица 4.4 – Расчёт амортизационных отчислений

№ операции	$Ц_i$, руб.	$a_{нi}$, %	$F_{дi}$, час.	$K_{врi}$	$Т_о$	$A_{чi}$, руб.
005	85000	0,05	1916	0,06	12	36,96
015, 050	2470000			0,39		165,27

020	85000			0,05		44,36
025	150000			0,13	6	30,11
035	870000			0,28		81,08
040	140000			0,26		19,36
Вспомогательное оборудование	1140000	0,01		0,29		20,51
Амортизационные отчисления для всего оборудования ($A_{чi}$)						397,65

Списание стоимости происходит равномерно и к концу срока использования достигается нулевая балансовая стоимость.

4.2.5 Расчет амортизационных отчислений зданий.

Амортизационные отчисления эксплуатируемых площадей, включены встоимость арендной платы (согласно раздела 4.1.4).

4.2.6 Отчисления в ремонтный фонд.

Эти затраты включают в себя затраты по всем видам ремонта (капитального, текущего и др.). Затраты на ремонт оборудования определяются по формуле:

$$C_р = (K_{то} + K_{во}) \cdot k_{рем} + C_п \cdot k_{з.рем}, \qquad (4.13)$$

$$C_р = (3800000 + 1140000) \cdot 3\% + 98000 \cdot 3\% = 151140 \text{ руб.}$$

4.2.7 Затраты на силовую электроэнергию.

Расчет затрат на электроэнергию:

$$C_{ЧЭ} = \sum_{i=1}^{m} N_{уi} \cdot F_д \cdot K_N \cdot K_{вр} \cdot K_{од} \cdot \frac{K_ω}{\eta} \cdot Ц_Э, \qquad (4.14)$$

где:

$C_{ЧЭ}$ – затраты на электроэнергию, руб.;

m – количество операций технологического процесса изготовления изделия;

N_{yi} – установленная мощность электродвигателей оборудовании, занятого выполнением *i*-ой операции, кВт;

$F_{д}$ – действительный годовой фонд рабочего времени работы оборудования, $F_{д} = 1916{,}72$ часов;

K_{N} – средний коэффициент загрузки электродвигателяпо мощности, $K_{N} = 0{,}1$;

$K_{вр}$ – средний коэффициент загрузки электродвигателя по времени, $K_{вр} = 0{,}3$

$K_{од}$ – средний коэффициент одновременной работы всех электродвигателей, принимаем $K_{од} = 0{,}01$;

$K_{ω}$ – коэффициент, учитывающий потери электроэнергии в сети завода, $K_{ω} = 1{,}06$

η – КПД оборудования, $\eta = 0{,}7$;

$Ц_{Э}$ – средняя стоимость электроэнергии; $Ц_{Э}$ = 5,03 руб.

Расчет затрат на электроэнергию сведен в таблицу 4.5.

Таблица 4.5 – Затраты на электроэнергию технологического процесса

№ операции	N_{yi}, кВт	$C_{ЧЭi}$, руб.
015,050	12, 12	60,36
025	2	7,05
035	1	3,5
040	30	151,08
Затраты на электроэнергию для всех операций		222

4.2.8 Расчет материальных затрат на напыление [41]

Стоимость процесса складывается из затрат на напыление, предварительную подготовку поверхности (струйно-абразивную), а также на

другие вспомогательные операции. Основные затраты (материальные и временные) составляют затраты на напыление ($С_н$) и струйно-абразивную обработку ($С_{асо}$):

$$С=С_н+С_{асо}$$

Стоимость напыления в свою очередь складывается из затрат на напыляемый материал (порошок) – $С_м$, воду ($С_в$), газ ($С_г$) и электроэнергию ($С_э$):

$$С_н= С_м+С_в+С_г+С_э$$

Стоимость струйно-абразивной операции – затраты на сжатый воздух ($С_{возд}$) и электрокорунд (дробь) – $С_{эк}$:

$$С_{асо}=С_{возд} + С_{эк}$$

Затраты на сжатый воздух при струйно-абразивной операции составляют – 6 руб./$м^3$

Затраты на электрокорунд составляют – 50 руб./кг.

При производительности струйно-абразивной установки 3$м^2$/ч и суммарной площади шеек подлежащих обработки 0,07 $м^2$ время обработки составит 2 минуты.

Расход сжатого воздуха составит – 3 $м^3$, стоимость соответственно 18 руб. Расход абразива 260 кг/час. Соответственно за 2 минуты расход абразива составит 8,5 кг. Стоимость соответственно с учетом замкнутого цикла использования 45 руб.

Следовательно, стоимость струйно-абразивной операции:

$С_{асо}$ = 18 + 45 = 63 рубля.

Стоимость напыляемого материала можно представить следующим образом:

$$C_м = \frac{W \cdot p_o \cdot \lambda_М}{k}$$

где: W – объём напыляемого материала ($м^3$);

p_o – плотность напыляемого материала (7850 кг/$м^3$);

k – коэффициент использования материала (0,75);

$\lambda_М$ – удельная стоимость напыляемого материала (1800 руб./кг)

Объём напыляемого материала определяется:

W=s×h

где s – площадь поверхности, подлежащей напылению 0,12 $м^2$

h – толщина слоя напыления 0,0005 м.

W=0,12×0,0005=0,00006 $м^3$

$$C_м = \frac{0,00006 \cdot 7850 \cdot 800}{0,75} = 502,4 \text{ руб.}$$

Время напыления (сек):

$$t_н = \frac{Wp}{G_м}$$

где: $G_м$ – расход напыляемого материала (кг/сек).

$$t_н = \frac{0,00006 \cdot 7850}{0,001} = 471 \text{сек или 7,85 мин.}$$

Стоимость затрат при газопламенном напылении определяется по формуле:

$$C = Wp\left(\lambda_M + \frac{N\lambda_{ЭЛ}}{G_M}\right)$$

где, N – электрическая мощность установки;

$\lambda_{эл}$ – удельная стоимость электроэнергии.

$$C = 0,00006 \cdot 7850\left(600 + \frac{1 \cdot 6}{0,001}\right) = 3108 \text{ руб.}$$

4.3.Общая смета затрат по экономическим элементам

На основании рекомендаций [38, 41] и выполненных расчетов составляем общую смету затрат по экономическим элементам.

Таблица 4.6 – Смета затрат на восстановление шеек коленчатого вала по экономическим элементам

Затраты	Сумма, руб./ед.
Прямые затраты:	
1. Материалы, инструменты.	981,8
2. Заработная плата	2035
3. Отчисления на социальные нужды по заработной плате	671,55
Итого прямых затрат	3688,35
Косвенные затраты:	
1. Амортизация оборудования	397,65
2. Арендная плата/амортизация помещений	200,20
3. Отчисления в ремонтный фонд	1800,5
4. Вспомогательные материалы на содержание оборудования	1500
5. Затраты на электроэнергию	222
6. Затраты на напыление	3108

Затраты	Сумма, руб./ед.
7. Прочие расходы	800
Итого косвенных затрат	8208,35
Итого по изделию	11896,7

При этом среднерыночная цена изделия «Коленчатый вал КамАЗ ЕВРО-2 дв. 74050, 74051, 74035 (замена на 740.55-1005008)» на период май 2019г. составляет по данным ООО «СТФК «КАМАЗ» официального дистрибьютора ПАО «КАМАЗ» (https://www.skladtfk.ru/catalog/tovar/87290/) при отгрузке в городе Новосибирск – 126933,64 руб.

5 Социальная ответственность

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ФЮРА 10Б51.005.ПЗ		
Разраб.		Курманов			Социальная ответственность Пояснительная записка	Лит.	Лист	Листов
Пров.		Солодский С.А.						1
Н.контр.		Зайцев				ЮТИ ТПУ Гр. 10Б51		
Утв.								

Перв. примен. | Справ. № | Подп. и дата | Инв. № дубл. | Взам. инв. № | Подп. и дата | Инв. № подл.

Копировал | Формат А4

5.1 Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды

5.1.1 Описание рабочего места

Работы по восстановлению шеек коленчатых валов производят на специально спроектированном участке с применением специального оборудования, приспособлений и инструмента.

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

- Моечная машина AM900 AV;
- Станок шлифовальный 3Д4230;
- Абразивно-пневматической установка;
- Установка для напыления валов;
- Печь для отпуска металлов с выкатным поддоном;
- Шкаф сушильный;
- Кран передвижной гидравлический консольный;
- Верстаки и стеллажи.

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

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

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

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

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

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

На участке имеются следующие вредные и опасные факторы:

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

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

в) электрические факторы, характеризующиеся наличием токоведущих частей оборудования.

1. Шум – неблагоприятно влияет на человека. Представляет собой беспорядочное сочетание звуков различной интенсивности и частоты. На данном участке источником шума является работа моечной машины, струйно-абразивной установки, шлифовального станка, установки напыления. Интенсивность шума колеблется в пределах 80 – 100 дБ, что является неблагоприятно для работы.

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

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

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

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

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

- статические перегрузки – продолжительная работа в неудобной позе, стоя (работа у станка, верстака, стенда).

- динамические перегрузки – подъем и перенос тяжестей, ручной труд.

Методы защиты от вредных факторов [8-11]:

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

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

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

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

5.2 Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды

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

По мере усложнения системы «Человек-техника» все более ощутимее становится экономические и социальные потери от несоответствия условий труда и техники производства возможностям человека. Суть опасности заключается в том, что воздействие присутствующих опасных и вредных производственных факторов на человека, приводит к травмам, заболеваниям, ухудшению самочувствия и другим последствиям. Главной задачей анализа условий труда является установление закономерностей, вызывающих ухудшение или потери работоспособности рабочего, и разработка на этой основе эффективных профилактических мероприятий [4, 5].

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

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

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

Средства индивидуальной защиты: устройства для индивидуального применения.

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

1. Защита от электрического тока. Основные меры защиты от поражения током: изоляция, недоступность токоведущих частей, применение малого напряжения (не выше 42 В, а в особо опасных помещениях - 12 В), защитное отключение, применение специальных электрозащитных средств, защитное заземление. На спроектированном участке всё оборудование, подключаемое к электрической сети (моечная машина AM900 AV; станок шлифовальный 3Д4230; абразивно-пневматической установка; установка для напыления валов; печь для отпуска металлов) должно быть надёжно заземлено.

2. Движущие изделия и механизмы. Для исключения прикосновения механика с инструментом и средствами технологического оснащения используют устройства, исключающие возможность случайного проникновения человека в опасную зону. Все открытые части станков и механизмов закрываются глухими кожухами, плотно прикрепленными к станине или неподвижной части станка.

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

5.3 Охрана окружающей среды

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

2. Отработанные нефтепродукты являются опасными загрязнителями практически всех компонентов природной среды – поверхностных и подземных вод, почвенно-растительного покрова, атмосферного воздуха.

Значительный ущерб окружающей среде наносится во время неправильного сбора и хранения отработанного масла и нефтесодержащих отходов.

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

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

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

2. Отработанное масло и ГСМ сдаются на утилизацию либо в бочках организации, либо организация, которая его принимает, откачивает отработанное масло и ГСМ с ёмкостей для его хранения собственными силами.

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

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

Промасленная ветошь, опилки и песок укладываются так, что бы избежать возможность выпадения из кузова при транспортировки

5.4 Защита в чрезвычайных ситуациях

Чрезвычайная ситуация – состояние, при котором в результате возникновения источника чрезвычайной ситуации на объекте определенной территории или акватории нарушаются нормальные условия жизни и

деятельности людей, возникает угроза их жизни и здоровью, наносится ущерб имуществу населения, народному хозяйству и окружающей природной среде [39, 40].

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

- Природные:

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

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

- Техногенные:

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

Причинами возникновения пожаров в ходе технологического процесса могут явиться:

-неисправность электрооборудования (короткое замыкание, перегрузки и большие переходные сопротивления);

-самовозгорание промасленной ветоши и других материалов, склонных к самовозгоранию;

-износ и коррозия оборудования.

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

Согласно НПБ 105-95 участок в соответствии с характером технологического процесса по взрывопожарной и пожарной опасности

относится «Пожарная безопасность. Общие требования» производство можно отнести к категории В – пожароопасное, так как на участке имеются горючие вещества и материалы в горячем состоянии.

Мероприятия по пожарной профилактике:

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

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

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

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

Общие требования к пожарной безопасности – по ГОСТ 12.1.004-85.

Степень стойкости здания, а так же конструктивная и функциональная пожарная опасность регламентирует СНиП 21-01-97.

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

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

5.5 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

За состоянием безопасности труда установлены строгие государственный, ведомственный и общественный надзор и контроль. Государственный надзор осуществляют специальные государственные органы и инспекции, которые в своей деятельности не зависят от администрации контролирующих предприятий. Это Прокуратура РФ, Федеральный горный и промышленный надзор России, Федеральный надзор России по ядерной и радиационной безопасности, Государственный энергетический надзор РФ, Государственный комитет санитарно-эпидемиологического надзора РФ (Госкомсанэпиднадзор России), Федеральная инспекция труда при Министерстве труда РФ (Рострудинспекция); Министерство РФ по атомной энергии [1-5].

Контроль за состоянием условий труда заключается в проверке состояния производственных условий для работающих, выявлении отклонений от требований безопасности, законодательства о труде, стандартов, правил и норм охраны труда, постановлений, директивных документов, а также проверке выполнения службами, подразделениями и отдельными группами своих обязанностей в области охраны труда. Этот контроль осуществляют должностные лица и специалисты, утвержденные

приказом по административному подразделению. Ответственность за безопасность труда в целом по предприятию несут директор и главный инженер.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Перечень законодательных и нормативных документов по теме ВКР:

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

5.6 Выводы по разделу

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

В ВКР предлагается:

- усилить наблюдение за внутренними факторами риска на участке;

- произвести проверку всех служб на организацию экстренных мероприятий при возникновении ЧС (провести проверку систем оповещения и т.д.);

- проводить 1 раз в год плановую тревогу и проведение эвакуационных мероприятий.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Данная выпускная квалификационная работа на тему: «Разработка технологии восстановления коленчатого вала двигателя с обеспечением повышенной долговечности» содержит теоретический анализ и инженерные расчеты, связанные с разработкой технологического процесса восстановления коленчатого вала КамАЗ, на основании которых разработана технология восстановления соответствующая современному уровню развития науки и техники.

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

Проведенные экономические расчеты показали, что себестоимость восстановления изделия «Коленчатый вал КамАЗ» составит 10916,7 при рыночной стоимости нового коленчатого вала 126933,64 руб. (на период май 2019г. по данным ООО «СТФК «КАМАЗ» официального дистрибьютора ПАО «КАМАЗ» (https://www.skladtfk.ru/catalog/tovar/87290/) при отгрузке в городе Новосибирск).

Список использованных источников

1. Федеральный закон «О защите населения и территорий от ЧС природного и техногенного характера» // Нормативные правовые акты. Гражданская оборона. Предупреждение и ликвидация ЧС природного и техногенного характера. Красноярск, 2006. – 14 с.
2. Федеральный закон «О гражданской обороне» // Нормативные правовые акты. Гражданская оборона. Предупреждение и ликвидация ЧС природного и техногенного характера. Красноярск. 2000. – 30-35 с.
3. Закон № 197 – ФЗ «Трудовой кодекс Российской Федерации». – М.: ОМЕГА – Л, 2006 – 272 с. (в редакции Федерального Закона № 90 – ФЗ от 30.06.2006 г.).
4. Постановление правительства РФ № 1113 «О Единой государственной системе предупреждения к ликвидации ЧС // Нормативные правовые акты. Гражданская оборона. Предупреждение и ликвидация ЧС природного и техногенного характера». – Красноярск, 2000. - С. 38-51.
5. Постановление правительства РФ№ 794 от 30.12.2003 года «О единой государственной системе предупреждение и ликвидации ЧС».
6. ГОСТ 12.0.003 – 74*ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. Переиздание, с изменениями №1.-М: Издательство стандартов, 1998.
7. ГОСТ 12.0.002 – 80 ССБТ. Основные понятия. Термины и определения. Введен с 01.01.1980 г. М.: - Издательство стандартов, 1989.
8. ГОСТ 12.1.005 – 88*ССБТ. Общие санитарно – гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. Введен с 01.01.1989 г. М.: Издательство стандартов, 1989.

9. ГОСТ 12.1.009 – 83. ССБТ. Электробезопасность. Общие требования. Введен с 01.01.1984 г. М.: – Издательство стандартов, 1989.
10. ГОСТ 12.1.004 – 91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования. Введен с 01.01.1992 г. М: – Издательство стандартов, 1997.
11. СНиП 23–05–95. Строительные нормы и правила Российской Федерации. Естественное и искусственное освещение. Нормы проектирования.
12. СНиП 2.04.05– 91. Санитарно-гигиеническим требования вентиляций.
13. Правила устройства и безопасности эксплуатации сосудов работающих под давлением ПБ-10-115-96. С изменениями и дополнениями, утвержденными Гостехнадозором России 02.12.1997. ИПБ 03-Н7-97 Москва, 2007.
14. Безопасность и экологичность проекта: Методические указания к выполнению раздела в дипломных проектах для студентов спец. 17.04 всех форм обучения. – Красноярск: КГТА, 1997. – 20 с.
15. Белов С. В. Безопасность жизнедеятельности: Учебник для вузов / Белов С. В., Ильницкая А.В., Козьяков А.Ф. – 2-е изд. исправленное и дополненное. – М.: Высшая школа, 1999. – 448с.
16. Вишняков Я.Д. Безопасность жизнедеятельности. Защита населения и территорий в ЧС: Учебное пособие для студ. высш. учеб. заведений. – 2-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 304с.
17. Ильющенко А. Ф. Процессы формирования газотермических покрытий и их моделирование - Минск: Белорусская наука, 2011.
18. Гладкий П.В. Газотермическая наплавка. Автоматическая сварка / Гладкий П.В., Фрумин И.И – М.:Машиностроение,1995. – 792с.
19. Дубровский В. А. Пособие слесаря-ремонтника. М., «Колос», 1973. 239 с. ил.
20. Кудинов В. В. Газотермические покрытия / Кудинов В. В. – М.: Наука, 1977.–184 с.

21. Кулик А.Я. Газотермическое напыление композиционных порошков / Кулик А.Я., Борисов Ю.С., Мнухин А.С., Никитин М.Д. – Л.: Машиностроение, 1985. – 199 с.
22. Логачев Н.П. Технология машиностроения. Техническое нормирование в машиностроений: Справочник для студентов специальностей 170400,171100 и учащихся машиностроительных техникумов и колледжей всех форм обучения / Логачев Н.П., Садовников В.И., Байделюк В.С. – Красноярск: Сиб ГТУ, 2004. – 196 с.
23. Пантилеенко Ф.И. Материалы, технология и оборудование для восстановления и упрочнения деталей машин. Наплавка и напыление / Пантилеенко Ф.И., Любецкий С.Н. – Новополоцк, 1994. – 116 с.
24. Пантелеенко Ф.И. Восстановлене деталей машин: Справочное пособие / Пантелеенко Ф.И., Лялякин В.П., Иванов В.П., В.М. Константинов – М.: Машиностроение, 2003. – 672 с.
25. Шейнблит А.Е. Курсовое проектирование деталей машин: Учебное пособие. Изд-е 2-е, переработанное и дополненное / Шейнблит А.Е.– Калининград, 2002. – 454 с.
26. Вишняков Н. Н. Автомобиль. Основы конструкции. Учебник для вузов по специальности «Автомобили и автомобильное хозяйство»./ Н.Н. Вишняков, В.К. Вахламов, А.Н. Нарбут, И.С. Шлиппе, А.Н. Островцев – Издание второе, переработанное и дополненное. – Москва: Издательство «Машиностроение», 1986. 206 с.
27. www.kamaz.ru Дата обращения 13.05.2019 г.
28. Руководство по ремонту и техническому обслуживанию автомобилей: КАМАЗ 5320, 5410, 55102, 55111, 53212, 53211, 53213, 54112, 43114, 43118, 65111, 53228, 44108, 43115, 65115, 6540, 53229,4326, 53215, 54115.
29. https://www.remkam.ru/spravochnik/ Дата обращения 13.05.2019 г.

30. Захаров Ю. А., Ремзин Е. В., Мусатов Г. А. Восстановление металлизацией деталей транспортно-технологических машин и комплексов // Молодой ученый. — 2014. — №19. — С. 199-201. — URL https://moluch.ru/archive/78/13632/ (дата обращения: 13.03.2018)
31. Новиков А. Н., Стратулат М. П., Севостьянов А. Л. Восстановление и упрочнение деталей автомобилей. – 2006.
32. https://moykadvs.ru/ Дата обращения 13.05.2019 г.
33. http://www.sibmk.com/katalog/svarochnoe-oborudovanie-kemppi/ruchnaya-dugovaya-svarka/kemppi-master-5001/ Дата обращения 13.05.2019 г.
34. Касилова А.Г., Мещеряков Р.К. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т1. 4-е изд., перераб. и доп.- М.: Машиностроение,1985.-656с.
35. Касилова А.Г., Мещеряков Р.К. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т2. 4-е изд., перераб. и доп.- М.: Машиностроение,1985.-496с.
36. Балабанов А.Н. Краткий справочник технолога-машиностроителя. - М.: Издательство стандартов, 1992. -464с.
37. Ансеров М.А., Бутковский Б.Д. Приспособления для фрезерных станков. Машгиз, 1953. – 296с.
38. Методические указания по выполнению экономической части выпускной квалификационной работы для студентов механико-машиностроительного факультета. - ИПЛ ЮТИ ТПУ, 2006.
39. Гришагин В.М., Фарберов В.Я. Безопасность жизнедеятельности. - Томск: Издательство ТПУ, 2003. - 159 с.
40. Гришагин В.М., Фарберов В.Я. Сборник задач по безопасности жизнедеятельности. - Юрга: Издательство филиала ТПУ, 2002. - 96 с.
41. https://detonation-stc.ru/ Дата обращения 13.05.2019 г.