

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Тольяттинский государственный университет»

Институт машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра Проектирование и эксплуатация автомобилей

(наименование)

23.03.03 «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов»

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Автомобили и автомобильное хозяйство

(направленность (профиль)/специализация)

## **ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)**

на тему Разработка установки для наплавки шеек коленчатых валов

Обучающийся

Е.С. Бородин

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

канд. техн. наук, доцент А.В. Бобровский

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Консультанты

канд. техн. наук, доцент А.Н. Москалюк

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Тольятти 2022

## Аннотация

Тема бакалаврской работы «Разработка установки для наплавки шеек коленчатых валов». Тема бакалаврской работы актуальна ввиду все большего интереса предприятий к восстановлению деталей автомобилей вместо покупки новых. Связано это, в первую очередь, со все более актуальным дефицитом комплектующих, по причине высокого роста их стоимости. Кроме того, современный уровень технического и технологического развития позволяет формировать наплавляемую поверхность при помощи электрической дуги и присадочной проволоки, обеспечив требуемые параметры адгезии.

Структура выпускной квалификационной работы состоит из четырех глав, оглавления, введения, заключения, списка использованных источников и приложения. Выполнена аналитическая работа по процессу формирования поверхности методом наплавки. Рассмотрены аналоги конструкции установок для проведения наплавки поверхности деталей, включая промышленно-применяемые установки.

Ключевым значением выпускной квалификационной работы будет являться разработка промышленно применимой установки для проведения наплавки коленчатых валов автомобилей. Главным образом разработка предназначается для проведения наплавки валов грузовых автомобилей.

Результаты проведенной работы представлены в расчетно-пояснительной записке и на листах графической части.

## Содержание

Введение .....	4
1 Рабочий проект моторного отделения .....	7
1.1 Описание проектируемого участка, видов работ и технологических процессов .....	7
1.2 Оборудование моторного участка .....	8
2 Анализ конструкции установки для наплавки шеек коленчатых валов .....	12
2.1 Обоснование поисковых исследований .....	12
2.2 Результаты поиска аналогов конструкции установки для наплавки шеек коленчатых валов .....	12
3 Разработка конструкции установки для наплавки шеек коленчатых валов .....	18
3.1 Техническое задание на разработку .....	18
3.2 Техническое предложение на разработку .....	19
3.3 Расчет конструкции установки .....	21
4 Технологический процесс восстановления шеек коленчатого вала методом наплавки .....	37
4.1 Условия работы механизма .....	37
4.2 Разработка операционной технологии восстановления вала .....	38
5 Безопасность жизнедеятельности и охрана труда на участке .....	40
5.1 Основная характеристика участка .....	40
5.2 Профессиональные риски, характерные для участка .....	41
5.3 Разработка мероприятий по снижению воздействия профессиональных рисков на работающих .....	45
5.4 Пожарная безопасность и противопожарные мероприятия на участке ...	49
5.5 Мероприятия по обеспечению экологической безопасности участка .....	51
Заключение .....	53
Список используемых источников .....	55
Приложение А Спецификации .....	58

## Введение

Целью выпускной квалификационной работы является практическая реализация тех знаний, которые были приобретены в процессе обучения. В рамках направления подготовки «Разработка установки для наплавки шеек коленчатых валов» наилучшим образом продемонстрировать весь объём полученных знаний будет разработка устройств или проектирование технологических процессов, используемых в ремонте автомобильного транспорта.

Темой выпускной квалификационной работы выбрана «Разработка установки для наплавки шеек коленчатых валов». Выбор данной темы обусловлен сложившейся ситуацией, когда приобретение новых запасных частей для проведения ремонта представляется достаточно накладным для предприятия, поэтому в практике эксплуатации автомобильного транспорта все большее распространение получают методы, подразумевающие восстановление изношенных деталей. Как известно, в процессе износа в безвозвратный убыток уходит сравнительно небольшая массовая часть от всей детали, составляющая не более 2% от общей массы детали.

Ввиду данных обстоятельств, вновь получают распространение различные методы восстановления изношенных деталей, вместо традиционно применяемых ранее ремонтных воздействий путем замены отдельных деталей или даже узлов, в отдельных случаях.

«Однако, ситуация в экономике Российской Федерации в настоящее время меняется. Детали, которые ранее завозились из стран Восточной Европы и некоторых стран Юго-Восточной Азии становятся недоступными для использования. Также недоступны многие детали от оригинальных производителей. В перспективе складывающаяся ситуация заставляет вернуться к методикам восстановления, когда качество восстановления детали и затраты на совершение этих работ полностью соответствуют параметрам экономической эффективности.» [2]

Восстановление деталей автомобиля знакомо достаточно давно, о чем говорилось ранее. Методики восстановления значительно меняются с появлением и внедрением новых производственных и технологических процессов.

Методы восстановления деталей весьма разнообразны и применяются к различным видам деталей транспортных средств, начиная от кузовных и заканчивая деталями двигателя и трансмиссии.

Среди методов восстановления геометрии изношенных деталей можно выделить следующие:

- восстановление геометрии поверхности методом газоплазменного напыления частиц металла в среде защитного газа;
- восстановление геометрии поверхности деталей методом электрохимических процессов за счет высаживания слоя металла;
- восстановление геометрии поверхности детали за счет термической наплавки металла присадочной проволоки.

Наиболее перспективным направлением для восстановления деталей грузовых автомобилей представляется восстановление методом наплавки. Подобный метод является наиболее дешевым и производительным, в сравнении с представленными. Однако, недостатком подобного метода может являться локальный перегрев, способный привести к короблению детали. Для деталей грузовых автомобилей, отличающихся большой массой и объёмом этот риск минимизирован, по сравнению с деталями легковых автомобилей, поэтому

Достижение поставленной цели требует решения ряда взаимосвязанных задач в рамках выпускной квалификационной работы:

- выявить основные факторы, влияющие на применение технологического процесса восстановления деталей методом наплавки;
- провести исследование в части наличия установок и оборудования промышленного назначения, используемых для восстановления деталей методом наплавки;

– провести анализ конструкторских особенностей устройств для восстановления деталей методом наплавки;

– разработать конструкцию устройства для проведения наплавки деталей типа «вал» с помощью электродуговой сварки присадочной проволоки с основой детали;

– разработать технологическую карту проведения технологического процесса наплавки детали типа «вал»;

– провести анализ вредных производственных факторов присутствующих на участке и разработать комплекс мероприятий для их минимизации или полного устранения;

Комплексное решение поставленных задач в рамках выполнения работы бакалавра будет способствовать раскрытию того объёма знаний и практических навыков, которые были получены в процессе обучения и позволят объективно оценить компетенцию обучающегося.

Кроме того, работа будет иметь практическое значение, поскольку разрабатываемое оборудование может быть использовано в технологическом процессе ремонта автомобилей на предприятиях автомобильного транспорта.

## **1 Рабочий проект моторного отделения**

### **1.1 Описание проектируемого участка, видов работ и технологических процессов**

В рамках выпускной квалификационной работы нами рассматривается участок ремонта двигателей и агрегатов двигателя автомобилей. Поскольку в работе бакалавра производится разработка устройства для проведения восстановления деталей автомобиля методом наплавки, следовательно, участок на котором будет осуществляться данный технологический процесс – моторный участок. Данный участок располагается в основном корпусе предприятия и имеет технологическую связь с агрегатно-моторным участком, откуда получает детали после прохождения дефектовочных работ и наряд-заказы на проведение работ по восстановлению геометрических размеров деталей различными методами (расточка, шлифовка, наплавка и др.).

Участок имеет источник естественного освещения в виде оконных проемов. Также имеются источники искусственного освещения, как в виде источников общего света в виде ламп, так и в виде точечного освещения на рабочих местах.

Электроснабжение участка – трехфазное, с заземлением типа TS-C. Подвод напряжения к рабочим местам осуществляется через устройства защитного отключения, для предотвращения поражения рабочего электрическим током.

Вентиляция – естественная, приточно-вытяжная. Над рабочими местами, где проводится работа, связанная с нагревом металла или использованием едких веществ предусмотрена принудительная вытяжка.

На моторном участке выполняются следующие работы, связанные с проведением капитального и текущего ремонта автомобильных двигателей:

- проведение моечных и очистительных работ агрегата в сборе и его деталей после разборки;

- проведение разборочных работ, связанных как с частичной разуконплектацией, так и полной разборкой агрегата;
- выполнение дефектовки базовых деталей и деталей конструкции двигателя;
- проведение восстановительных операций по отдельным деталям двигателя;
- проведение сборочных работ;
- проведение послеремонтной обкатки на специализированном стенде.

Рассмотрим перечень применяемого на участке оборудования, в соответствии с перечнем проводимых работ.

## **1.2 Оборудование моторного участка**

Подбор оборудования для проектируемого участка является важной частью проектирования рабочего участка или отделения. При подборе оборудования важно учитывать заявленный перечень проводимых работ, поскольку оборудование и инструмент подбирается исходя из функционала производимых работ. Условно весь перечень оборудования, размещаемого на участке, можно разделить на следующие технологические группы:

- моечное оборудование;
- оборудование для выполнения сборочно-разборочных работ;
- обкаточное оборудование;
- оборудование для технологических операций восстановления деталей.

Также на участке находится слесарный и измерительный инструмент, используемый для проведения ремонтных работ по узлам, деталям и базовым деталям двигателя автомобиля.

Перечень оборудования на участке представлен в таблице 1.

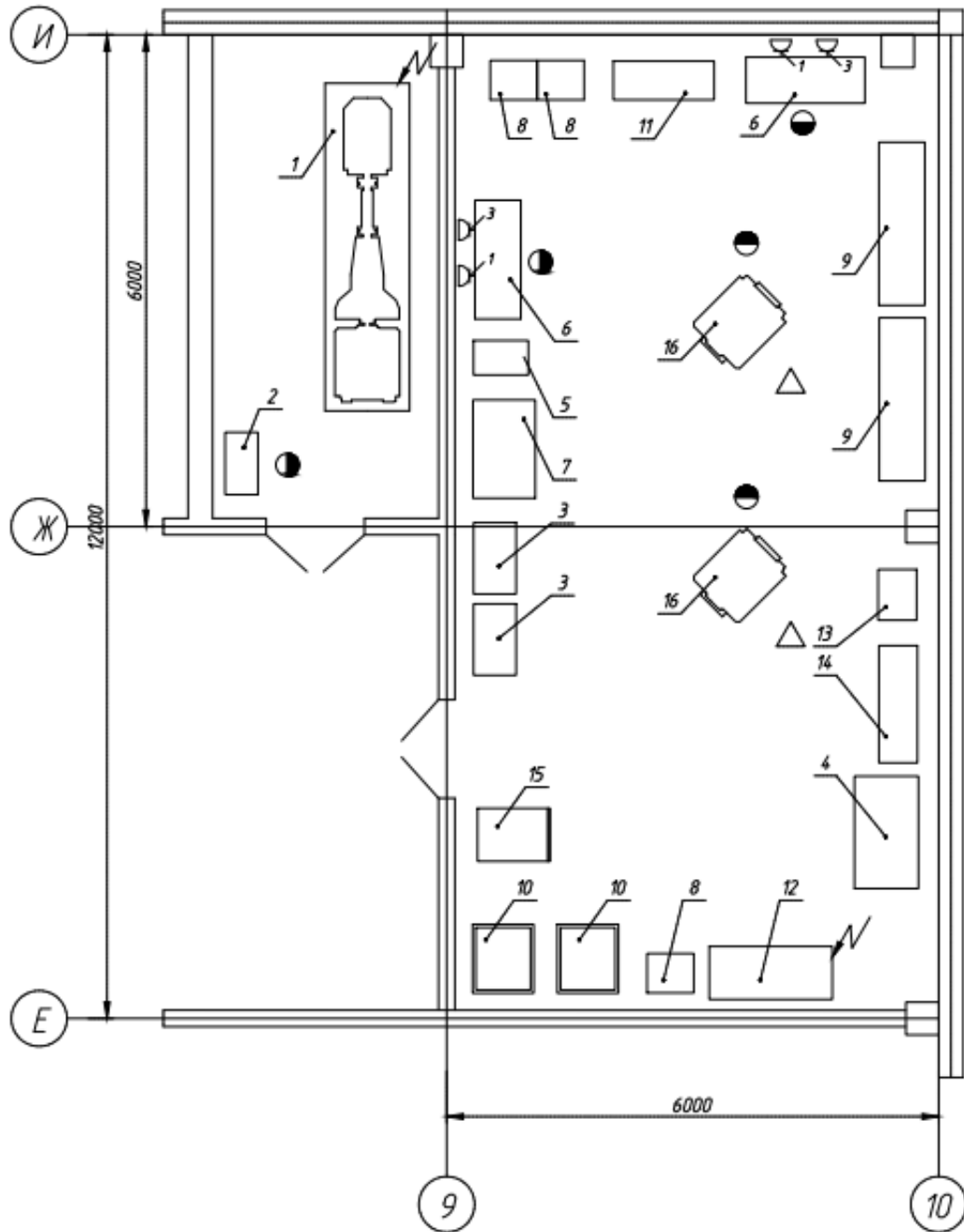


Таблица 1 – Технологическое оборудование моторного участка

Наименование технологического оборудования	Марка	Площадь, м <sup>2</sup>	Число единиц оборудования	Итого площадь, м <sup>2</sup>
Мотор-тестер	КИ-5274	6,50	1	6,5
Стол письменный	К-3768	0,475	1	0,5
Шкаф для оборудования		1,2	2	2,4
Верстак слесарный	КО-389	1,26	3	3,8
Стол сортировочный		1,5	2	3,0
Шкаф инструментальный	КО-390	0,426	8	3,4
Стеллаж	ИП-56	2,25	3	6,8
Поддон для хранения ДВС	б/н	1,44	3	4,3
Приспособление для разборки головки блока ДВС	КР-345	1,8	1	1,8
Установка для наплавки валов двигателя	самоизгот	1,7	1	1,7
Стенд для проверки поршней	357843	0,4	1	0,4
Плита контроля геометрии коленвала	б/н	0,6	1	0,6
Тележка транспортировочная	б/н	1,65	1	1,7
Стенд для разборки ДВС	б/н	0,8	3	2,4
Пресс электрогидравлический	Р-338	0,8	1	0,8
Плита контроля плоскостности блока и головки блока	б/н	1,7	1	1,7
ВСЕГО				41,7

Рассчитанная в результате подбора площадь не может быть использована в качестве основной, поскольку не учитывает расстановку оборудования и обеспечение прохода между различными единицами технологического оборудования.

Планировка участка и расстановка оборудования на участке представлена на рисунке 1.



1 – стенд для обкатки двигателя; 2 – стол письменный; 3 – шкаф для оборудования и оснастки; 4 – плита контроля плоскостности; 5 – электрогидравлический пресс; 6 – слесарный верстак; 7 – стол сортировочный; 8 – инструментальный шкаф; 9 – стеллаж; 10 – поддон для хранения ДВС; 11 – приспособление для разборки головки ДВС; 12 – устройство для наплавки валов; 13 – стенд проточки поршней; 14 – центры контроля валов; 15 – тележка; 16 – кантователь.

Рисунок 1 – Планировка моторного участка

Все размещаемое на участке оборудование группируется по технологическим признакам. Исходя из объема работ и размещаемого оборудования на участке работает 5 человек.

Распределение рабочих по выполняемым функциям на участке следующее:

- работа на обкаточном оборудовании – 1 человек;
- восстановление деталей наплавкой на оборудовании – 1 человек
- общие работы по ремонту ДВС – 3 человека

В рамках выполнения раздела произведен расчет участка на уровне рабочего проекта. Целью расчета явилось представление о роли и месте оборудования в технологическом процессе ремонта автомобильного двигателя. Определен список необходимого технологического оборудования, размещаемого на участке. Рассчитано количество рабочих и выполнено их распределение по рабочим местам.

## **2 Анализ конструкции установки для наплавки шеек коленчатых валов**

### **2.1 Обоснование поисковых исследований**

Проведение поисковых исследований конструкции установки для наплавки шеек коленчатых валов связано с тем, что для разработки конструкции необходимо определить наиболее прогрессивные технические решения для конструкции данного типа. При проведении поиска аналогов поиск производился среди промышленных образцов, используемых для аналогичных технологических операций.

Поиск аналогов имеющихся конструкций позволит выявить основные тенденции развития конструкторской мысли, произвести анализ эволюции конструкции устройства. Кроме того, анализ позволит избежать конструкторских ошибок и просчетов, которые неизбежны при создании оборудования нового типа. Использование в разработке передового опыта в конструировании устройств позволит получить установку с наиболее передовыми техническими и эксплуатационными характеристиками.

Результаты произведенного анализа имеющихся конструкций представлены ниже.

### **2.2 Результаты поиска аналогов конструкции установки для наплавки шеек коленчатых валов**

В ходе проведения поиска аналогов конструкции установки для наплавки шеек коленчатых валов с использованием ресурсов сети Интернет удалось обнаружить ряд образцов устройств аналогичного технологического назначения.

Одно из таких устройств, стенд плазменной наплавки крупногабаритных тел вращения, представлено на рисунке 2.



Рисунок 2 – Стенд для плазменной наплавки крупногабаритных тел вращения

«Стенд для плазменной наплавки крупногабаритных тел вращения, изображенный на рисунке 2, предназначен для механизированной плазменной наплавки износостойких материалов на поверхность различных крупногабаритных тел вращения (валопроводы, шнеки, центрифуги, цапфы, коленвалы, цилиндры и т.п.) при ремонте или изготовлении новых.» [22]

Технические характеристики стенда представлены в таблице 2.

Таблица 2 – технические характеристики стенда для плазменной наплавки крупногабаритных тел вращения

Наименование параметра	Значение
Напряжение, В	380
Потребляемая мощность, кВА	10,0
Производительность наплавки, кг/ч	3,0

Продолжение таблицы 2

Наименование параметра	Значение
Расход наносимого материала, кг/м <sup>2</sup>	24,2
Скорость перемещения плазматрона вдоль оси вала при наплавке, мм/мин	от 5 до 300
Скорость вращения изделия на стенде, об/мин	от 0,5 до 200
Габаритные размеры стенда, мм	6000x3000x2500
Масса стенда, кг	2000
Габаритные размеры обрабатываемых деталей, мм	до 6000 Ø 1000
Масса обрабатываемых деталей, кг	до 2500

Другим образцом техники, обнаруженным в процессе поиска, явилось устройство для вибродуговой наплавки деталей типа «Вал», представленное на рисунке 3.



Рисунок 3 – Устройство для вибродуговой наплавки деталей типа «Вал»

Технология и оборудование предназначены для восстановления наплавкой наружных цилиндрических поверхностей деталей машин и механизмов, в том числе подвижного состава. Технология соответствует требованиям «Правил ремонта деталей подвижного состава железных дорог».

«Оборудование комплектуется:

- вращателем (на базе токарного станка или иным);
- вибродуговым подающим механизмом;
- комплектом аппаратуры для подачи и нагрева углекислого газа;
- комплектом устройства для подачи флюса;
- источником питания сварочной дуги.

Технологические особенности — наплавка производится на вращающуюся деталь по винтовой линии.

Технические характеристики:

- диаметр наплавляемой поверхности, мм, не менее — 25;
- диаметр наплавочной электродной проволоки, мм — от 0,8 до 2,0;
- защитная среда — углекислый газ, флюс, жидкость;
- габариты виброголовки (высота, ширина, длина), мм — 250x200x460;
- режим работы установки — полуавтоматический.

Технико-экономические характеристики:

- высокая производительность наплавки;
- оптимальный припуск на механическую обработку;
- высокое качество наплавленного слоя;
- практическое отсутствие коробления изделия.» [13]

Устройство разработано и внедрено в локомотивном депо Слюдянка Восточно-Сибирской железной дороги — филиала ОАО «РЖД».

Также в процессе поиска было обнаружено устройство наплавки валов якорей тяговых электродвигателей, представленное на рисунке 4.



Рисунок 4 – Устройство наплавки валов якорей тяговых электродвигателей

«Назначение устройства заключается в восстановлении размеров и свойств изношенных поверхностей валов якорей тяговых электродвигателей локомотивов наплавкой под слоем флюса.

Технологическое оборудование состоит из станка-вращателя; подающего механизма, установленного на суппорте; флюсоудерживающего устройства и источника питания сварочной дуги.» [13]

«Технические характеристики оборудования:

- диаметр наплавляемой поверхности, мм, не менее — 50;
- диаметр наплавочной электродной проволоки, мм — от 1,6 до 2,8;
- габариты, мм — 2600x1100x1600;
- масса, кг — 2200;
- режим работы установки — полуавтоматический;
- защитная среда — флюс.» [13]

Оборудование комплектуется:



- блоком управления подачей электродной проволоки;
- комплектом аппаратуры для подачи флюса;
- источником питания сварочной дуги.

«Технологическая особенность — наплавка производится на вращающуюся деталь по винтовой линии.

Технико-экономические характеристики:

- высокая производительность наплавки;
- оптимальный припуск на механическую обработку;
- высокое качество наплавленного слоя;
- практическое отсутствие коробления изделия;
- высокая износостойкость восстановленной поверхности детали.

Производительность восстановления валов якорей повышается в 2,4 раза, а трудоемкость снижается на 1,3 часа по сравнению с ручной дуговой наплавкой.

Годовая экономия от внедрения технологии составляет 40 тыс. р. на программу (1200 электродвигателей).» [25]

Устройство разработано и внедрено в локомотивных депо Волховстрой Октябрьской и Боготол Красноярской железных дорог — филиалов ОАО «РЖД».

В целом, все рассмотренные образцы подходят по своим конструкторским параметрам под задание. Но наиболее прогрессивным решением представляется образец устройства, представленный на рисунке 4.

В рамках раздела выполнен анализ конструкции устройства для наплавки. С этой целью рассмотрены различные образцы, производимые промышленно или представленные в виде патентов и описаний изобретения. Выявлены основные конструкторские особенности оборудования данного типа. Произведен сравнительный анализ конструкций различного назначения.

### **3 Разработка конструкции установки для наплавки шеек коленчатых валов**

#### **3.1 Техническое задание на разработку**

Предложено провести разработку конструкции установки для наплавки шеек коленчатых валов. Разработка проводится в рамках выполнения выпускной квалификационной работы, в соответствии с полученным заданием.

Разрабатываемое устройство относится к специальному технологическому оборудованию, размещаемому на моторном участке автотранспортного предприятия и предназначаемое для осуществления технологической операции восстановления геометрических размеров шеек коленчатых валов.

«Устройство, предполагаемое к разработке, должно содержать привод, устройство закрепления, а также механизм подачи горелки. Приводиться вал и горелка должны от электромотора. Наплавка производится при помощи сварочного полуавтомата в среде защитных газов. В разрабатываемой конструкции должны применяться по возможности однородные материалы, должно быть исключено сочетание разнородных материалов (типа сталь-алюминий, сталь-пластик), применение цветных металлов должно быть сведено к минимуму (заменить по возможности фторопластами), необходимо исключить выполнение неразъемных соединений по цветным металлам.» [14]

«Для упрощения эксплуатации данного изделия необходимо при разработке предусмотреть проведение ТО устройства не чаще 1 раза в 6 месяцев. Необходимо предусмотреть проведение регулировочных работ, с периодичностью не чаще 1 раза в 3 месяца. Предполагается транспортировка устройства с возможностью частичной разборки, для чего необходимо обеспечить агрегатирование конструкции. Для защиты от коррозии все основные металлические поверхности должны быть окрашены влаго-

маслостойкими красками. Подвижные узлы должны быть защищены от попадания грязи.» [3]

Разрабатываемое техническое задание является основой для разработки технического предложения, на основании которого будет вестись конструкторская разработка проектируемой установки.

### **3.2 Техническое предложение на разработку**

В рамках полученного задания на выполнение выпускной квалификационной работы требуется разработать конструкцию устройства для наплавки валов. В рамках анализа имеющихся образцов конструкции был определен ряд промышленных образцов, технические решения которых возможно использовать в проектируемой конструкции.

«Для наплавки валов промышленностью выпускается большое количество разнообразного оборудования, а именно для наплавки под слоем флюса, вибродуговой наплавке, в среде защитных газов (марок ОКС-5611, ОКС-5594 и т.п.)» [7]

Предлагаемый по результатам технического задания образец представлен на рисунке 5.

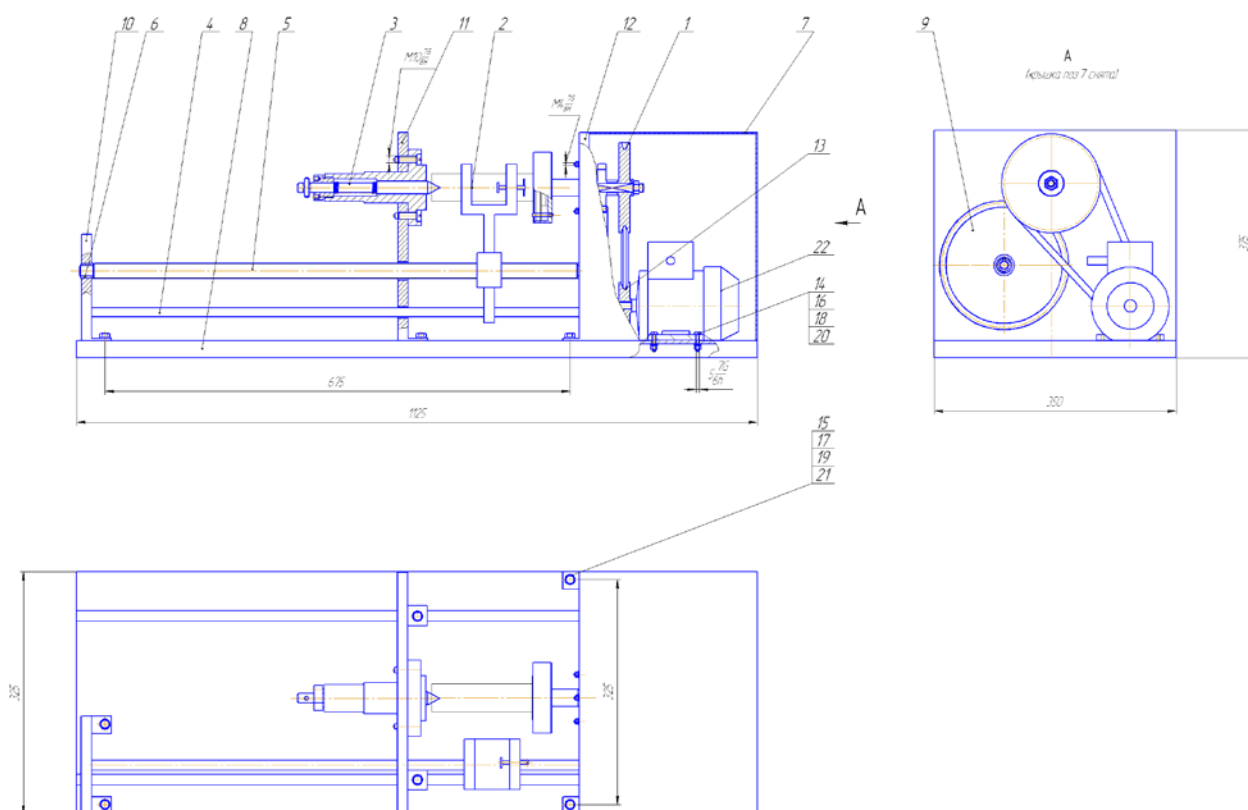


Рисунок 5 – Устройство для наплавки валов

«Наплавочная установка включает в себя вращатель (токарный станок), обеспечивающий закрепление и вращение деталей и перемещение наплавочной головки относительно ее. Наплавочная головка состоит из механизма подачи проволоки, изменяющего ступенчато или плавно скорости подачи электрода, мундштука для подвода проволоки к детали.

Специальные наплавочные станки, создаются в институте электросварки им Е.О. Патона, используемые для наплавки детали типа "вал" (опорные катки, оси, различные валы), плоские поверхности шлицы валов, а также детали сложного профиля (зубья ведущих звездочек и т.п.)» [14]

«Устройство работает следующим образом.

Необходимая для наплавки деталь устанавливается в шпиндель 1 и поджимается конусом упорным 3. В вилку 2 устанавливается держак от полуавтоматической или автоматической сварки. Затем выбрав необходимую

частоту вращения двигателя 22 с помощью частотного преобразователя начинаем процесс наплавки.

В случае если частотным преобразователем не удастся выставить нужный режим наплавки (частота вращения наплавляемого вала, скорость перемещения вилки относительно наплавляемого вала), то добиваемся этого подбором шестерен 9 и 1.» [8]

### 3.3 Расчет конструкции установки

Расчет конструкции установки производится исходя из того, что необходимо обеспечить постоянное вращение коленчатого вала при восстановлении.

Мощность приводного электродвигателя:

$$N_{дв} = \frac{N_{вв}}{\eta}, Вт \quad (1)$$

где  $N_{вв}$  – мощность на выходном валу электродвигателя, Вт;

$\eta$  – КПД механизма привода.

Определение КПД механизма привода:

$$\eta = \eta_{чп} \cdot \eta_n^m \cdot \eta_{вп}, \quad (2)$$

«где  $\eta_{рп}$  – КПД ременной передачи, принимаем  $\eta_{рп}=0,8$ ;

$\eta_n$  – КПД одной пары подшипников, принимаем  $\eta_n=0,98$ ;

$m$  – число подшипников,  $m=2$ ;

$\eta_{вп}$  – КПД винтовой пары.» [17]

Поскольку предусмотрен привод посредством ходового винта, его КПД определяется как:

$$\eta_{en} = \frac{tg \lambda}{tg(\lambda + \rho)}, \quad (3)$$

«где  $\lambda$  – угол подъема винтовой линии, принимаем  $\lambda=30^0$ ;  
 $\rho$  – приведенный угол трения.» [17]

$$tg \rho = f = 0,15, \quad (4)$$

где  $f$  – коэффициент трения стали по стали, принимаем  $f=0,15$ .

$$tg 30^0 = 0,57.$$

$$\eta_{en} = \frac{0,57}{0,57 + 0,15} = 0,78$$

$$\eta = 0,8 \cdot 0,98^2 \cdot 0,78 = 0,60$$

«Мощность, требуемая для перемещения устройства для наплавки, считаем исходя из следующих соображений.

Перемещение по винтовой линии рассматриваем как перемещение тела по наклонной плоскости, как показано на рисунке б» [17]



Рисунок б – Приложение сил к винтовой линии ходового винта

Окружное усилие находим по формуле [4]

$$P = Q \cdot \operatorname{tg}(\lambda + \rho), \quad (5)$$

«где  $P$  – сила вращающая винт – окружное усилие, Н;  
 $Q$  – осевая нагрузка винтовой пары, Н;» [17]

$$Q = m \cdot g, \quad (6)$$

«где  $m$  – общая масса перемещаемых частей, принимаем  $m=5,5$  кг;  
 $g$  – ускорение свободного падения,  $g=9,81\text{м/с}^2$ » [17]

Находим окружное усилие

$$P = 5,5 \cdot 9,81 \cdot (0,57 + 0,15) = 388\text{Н}.$$

Находим крутящий момент для винта

$$M = P \cdot l, \quad (7)$$

«где  $l$  – длина плеча рычага, м» [17]

$$l = \frac{d}{2} = \frac{30}{2} = 15\text{мм} = 0,015\text{м}.$$

где  $d$  – диаметр винта,  $d=30$  мм.

$$M = 388 \cdot 0,015 = 5,82\text{Н} \cdot \text{м}.$$

Мощность, необходимая для вращения винта

$$N_{\text{вв}} = M \cdot \omega, \text{Вт} \quad (8)$$

где  $\omega$  – угловая скорость вращения винта,  $\text{с}^{-1}$ .

$$\omega = \frac{\pi \cdot n}{30}, \quad (9)$$

«где  $n$  – частота вращения винта,  $\text{мин}^{-1}$ » [17]

Частоту вращения винта принимаем  $n=60 \text{ мин}^{-1}$ .

$$\omega = \frac{3,14 \cdot 60}{30} = 6,28 \text{с}^{-1}$$

$$N_{\text{вв}} = 0,582 \cdot 6,28 = 37 \text{Вт}.$$

Тогда

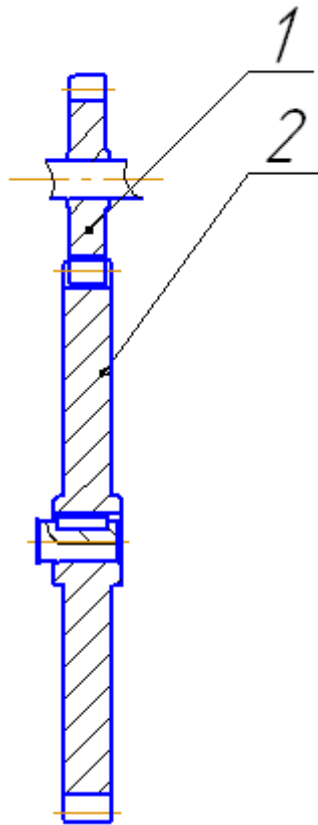
$$N_{\text{эл}} = \frac{N_{\text{вв}}}{\eta} = \frac{37}{0,6} = 62 \text{Вт}.$$

«Исходя из расчетных данных, принимаем выпускаемый промышленностью двигатель АИРЗУТ71В2 У1, 380 В, 50 Гц, IM1081 ТУ 16-88 ИАКФ.525243.008 ТУ.

Техническая характеристика электродвигателя :  $N_{\text{эд}}=75 \text{ Вт}$ ;  $n_{\text{э}}=750 \text{ мин}^{-1}$ ;  $V=380 \text{ В}$ .» [22]

В механизме привода применяется зубчатая передача. Привод производится косозубой передачей с эвольвентным профилем зуба. Произведем расчет параметров передачи, с учетом этих данных. Кинематическая схема зубчатой передачи приведена на рисунке 7.





1- колесо ведущее; 2- колесо ведомое

Рисунок 7 – Кинематическая схема зубчатой передачи

«Для колес принимаем сталь со средними механическими свойствами (сталь 45) с термообработкой улучшения до твердости:

- для шестеренки  $HВ_1$  269...302
- для колеса  $HВ_2$  235...262

Допускаемые контактные напряжения рассчитываются по формуле:»

[22]

$$[\sigma]_H = 1,8 HВ_{cp} + 67 \quad (10)$$

$$[\sigma]_{H1} = 1,8 \cdot 285 + 67 = 580 \text{ МПа}$$

$$[\sigma]_{H2} = 1,8 \cdot 248,5 + 67 = 514 \text{ МПа}$$

Допускаемые напряжения на изгиб рассчитываются по формуле [4]:

$$[\delta]_F = 1,03 \text{ НВ}_{cp} \quad (11)$$

$$[\delta]_{F1} = 1,03 \cdot 185 = 293 \text{ МПа}$$

$$[\delta]_{F2} = 1,03 \cdot 248 = 255 \text{ МПа}$$

Межосевое расстояние:

$$a_{\omega} = K_a (U+1) \sqrt[3]{\frac{K_{H\beta}}{\Psi_a U^2 [\delta]_H^2}}, \quad (12)$$

«где  $K_a = 4300$ ;

$K_{H\beta}$  – коэффициент концентрации нагрузки;

$T_{нег}$  – эквивалентный момент на колесе;

$\Psi_a$  - коэффициент ширины колеса;

$U = 0,6$  передаточное число передачи» [17]

Коэффициент концентрации нагрузки рассчитывается по формуле:

$$K_{H\beta} = K_{H\beta}^0 (1 - X) + X > 1,05, \quad (13)$$

«где  $K_{H\beta}^0$  – начальный коэффициент концентрации нагрузки;

$X$  – коэффициент режима нагрузки.» [17]

Для II-го равновероятностного режима нагружения  $X=0,5$

$$\Psi_d = 0,5 \Psi_a (0,6+1) \quad (14)$$

Для консольного расположения колес [4]:

$$\Psi_a = 0,25$$

$$\Psi_d = 0,5 \cdot 0,25 \cdot (0,6 + 1) = 0,2$$

$$K_{H\beta} = 2,4$$

$$K_{H\beta} = 2,4 (1 - 0,5) + 0,5 = 1,7$$

$$T_{нег} = K_{нг} \cdot T_{шт} \quad (15)$$

$$K_{нг} = K_{HE} \sqrt[3]{\frac{N}{N_{HG}}} \leq 1, \quad (16)$$

«где  $K_{нг}$   $K_{HE}$  - коэффициент долговечности и эквивалентности;

$$K_{HE} = 0,63;$$

$N$  – число циклов нагружения за срок службы;

$N_{HG}$  – базовое число циклов нагружения передачи» [17]

$$N_{HG} = HB^3 \quad (17)$$

Для шестерни  $N_{HG1} = 295^3 = 25,67 \cdot 10^6$

Для колеса  $H_{HG2} = 248^3 = 15,25 \cdot 10^6$

$$N = 60 n \cdot t, \quad (18)$$

«где  $n_1 = 224$  об/мин. – частота вращения шестерни (шпинделя);

$n_2 = 371,5$  об/мин. – частота вращения колеса;

$t$  - срок службы передачи. Принимаем 10000.

Для шестерни  $N_1 = 60 \cdot 224 \cdot 10000 = 134 \cdot 10^6$

Для колеса  $N_2 = 60 \cdot 371,5 \cdot 10000 = 223 \cdot 10^6$ » [22]

$$K_{HG1} = 0,63 \sqrt[3]{\frac{134 \cdot 10^6}{25,67 \cdot 10^6}} = 1,09 > 1$$

$$K_{HG2} = 0,63 \sqrt[3]{\frac{223 \cdot 10^6}{15,25 \cdot 10^6}} = 1,54 > 1$$

Принимаем  $K_{HG} = 1$

$$T_{нег} = 1 \cdot 42 = 42 \text{ нм}$$

$$a_{\omega} = 4300(0,6+1) \sqrt[3]{\frac{1,7 \cdot 42}{0,25 \cdot 0,6^2 (514 \cdot 10^6)^2}} = 0,099 \text{ м} = 99 \text{ мм}$$

Принимаем  $a_{\omega} = 100$  мм

Делительный диаметр колеса:

$$d_2 = \frac{2a_\omega \cdot U}{U + 1} \quad (19)$$

$$d_2 = \frac{2 \cdot 100 \cdot 0,6}{0,6 + 1} = 75 \text{ мм}$$

Ширина колеса  $b_u = \Psi_a \cdot a_\omega = 0,25 \cdot 100 = 25 \text{ мм}$

Модуль передачи рассчитывается по формуле:

$$m \geq \frac{2K_m T_{Hez}}{d_2 b_2 [\delta]_F}, \quad (20)$$

где  $K_m = 5,8$

$$T_{FE} = K_{FG} \cdot T_{un} \quad (21)$$

$$K_{FG} = K_{FE} \sqrt[6]{\frac{N}{4 \cdot 10^6}} \leq 1 \quad (22)$$

Для II-го режима нагружения  $K_{FE} = 0,72$ :

$$K_{FG1} = 0,72 \sqrt[6]{\frac{134 \cdot 10^6}{4 \cdot 10^6}} = 1,29 > 1$$

$$K_{FG2} = 0,72 \sqrt[6]{\frac{223 \cdot 10^6}{4 \cdot 10^6}} = 1,4 > 1$$

Принимаем  $K_{FG1} = K_{FG2} = 1$

$$T_{FE} = 1 \cdot T_{un} = 1 \cdot 42 = 42 \text{ Н·м}$$

$$m \geq \frac{2 \cdot 5,8 \cdot 42}{0,075 \cdot 0,025 \cdot 255 \cdot 10^6} = 0,001 \text{ м} = 1 \text{ мм}$$

Принимаем  $m = 1$  мм.

Суммарное число зубьев и угол наклона зуба.

Минимальный угол наклона зуба:

$$\beta_{mm} = \arcsin \frac{3,5m}{b_q} \quad (23)$$

$$\beta_{mm} = \arcsin \frac{3,5}{25} = 8,04^\circ$$

Суммарное число зубьев:

$$Z_\Sigma = \frac{2a_\omega \cdot \cos \beta_{mm}}{m} \quad (24)$$

$$Z_\Sigma = \frac{2 \cdot 100 \cdot \cos 8,04}{1} = 198,03$$

Принимаем  $Z_\Sigma = 198$

Число зубьев шестерни:

$$Z_1 = \frac{Z_\Sigma}{U + 1} \quad (27)$$

$$Z_1 = \frac{198}{0,6 + 1} = 123,75$$

Принимаем  $Z_1 = 123$ .

Число зубьев колеса:

$$Z_2 = Z_{\Sigma} - Z_1 \quad (28)$$

$$Z_2 = 198 - 123 = 75$$

Действительное передаточное число равно:

$$U = \frac{Z_2}{Z_1} \quad (29)$$

$$U = \frac{75}{123} = 0,609$$

Отклонение от заданного значения составляет:

$$\Delta U = \frac{0,609 \cdot 0,6}{0,6} \cdot 100\% = 1,5\% < 4\%, \text{ что допустимо.}$$

Дополнительные диаметры:

$$d_1 = \frac{mZ_1}{\cos \beta} \quad (30)$$

$$d_1 = \frac{1 \cdot 123}{\cos 8,1^\circ} = 124,24 \text{ мм}$$

$$d_2 = \frac{mZ_2}{\cos \beta} \quad (31)$$

$$d_2 = \frac{1 \cdot 75}{\cos 8,1^\circ} = 75,76 \text{ мм}$$

Диаметры окружностей вершин:

$$d_{a1} = d_1 + 2m \quad (32)$$

$$d_{a1} = 124,24 + 2 = 126,24 \text{ мм}$$

$$d_{a2} = d_2 + 2m \quad (33)$$

$$d_{a2} = 75,76 + 2 = 77,76 \text{ мм}$$

Диаметры окружностей впадин:

$$d_{f1} = d_1 - 2,5m \quad (34)$$

$$d_{f1} = 124,24 - 2,5 + 121,74 \text{ мм}$$

$$d_{f2} = d_2 - 2,5m \quad (35)$$

$$d_{f2} = 75,76 - 2,5 = 73,26 \text{ мм}$$

Окружная сила на колесе:

$$F_t = \frac{2T}{d_2} \quad (36)$$

$$F_t = \frac{2 \cdot 42}{0,07576 d_2} = 1109 \text{ Н}$$

Радиальная сила:

$$F_r = F_t \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\cos \beta} \quad (37)$$



$$F_r = 1109 \frac{\operatorname{tg} 20^{\circ}}{\cos 8,1^{\circ}} = 408 \text{ Н}$$

Осевая сила:

$$F_a = F_t \operatorname{tg} \beta \quad (38)$$

$$F_a = 1109 \operatorname{tg} 8,1^{\circ} = 158 \text{ Н}$$

Расчетное напряжение изгиба в зубьях колеса:

$$\delta_{F2} = \frac{K_{F\alpha} \cdot K_{F\beta} \cdot K_{FV} \cdot Y_{\beta} \cdot Y_{F2} \cdot F_{te}}{b_2 \cdot m} \leq [\delta]_{F2} \quad (39)$$

Скорость в зацеплении:

$$V = \frac{\pi d_2 n_2}{60} \quad (40)$$

$$V = \frac{3,14 \cdot 0,07576 \cdot 371,5}{60} = 1,47 \text{ м/с}$$

Для данной скорости рекомендуется 9-я степень точности колес, для которой  $K_{F\alpha} = 1$

$$K_{F\beta} = K_{F\beta}^0 (1-X) + X \quad (41)$$

$$K_{F\beta}^0 = 2,2 \text{ при } \Psi_d = 0,2$$

$$K_{F\beta} = 2,2(1-0,5) + 0,5 = 1,6$$

$$K_{FV} = 1,04$$

$$Y_{\beta} = 1 - \frac{\beta}{140} \quad (42)$$

$$Y_{\beta} = 1 - \frac{8,1^0}{140^0} = 0,94$$

Эквивалентное число зубьев косозубых колес определяем по формуле:

$$Z_V = \frac{Z}{\cos^3 \beta} \quad (43)$$

$$Z_{V1} = \frac{123}{\cos^3 8,1^0} = 127$$

$$Z_{V2} = \frac{Z_2}{\cos^3 \beta} \quad (44)$$

$$Z_{V2} = \frac{75}{\cos^3 8,1^0} = 77$$

$$Y_{F1} = 3,62 \quad Y_{F2} = 3,6$$

$$F_{fe} = K_{Fg} F_t \quad K_{Fg} = K_{fe} \sqrt[6]{\frac{N}{4 \cdot 10^6}} \leq 1 \quad (45)$$

Для II-го режима нагружения

$$K_{fe} = 0,72$$

$$K_{Fg1} = 0,72 \sqrt[6]{\frac{N_1}{4 \cdot 10^6}} \quad (46)$$

$$K_{Fg1} = 0,72 \sqrt[6]{\frac{134 \cdot 10^6}{4 \cdot 10^6}} = 1,29 > 1$$

$$K_{Fg2} = 0,72 \sqrt[6]{\frac{N_2}{4 \cdot 10^6}}$$

$$K_{Fg2} = 0,72 \sqrt[6]{\frac{223 \cdot 10^6}{4 \cdot 10^6}} = 1,4 > 1$$

Принимаем  $K_{Fg1} = K_{Fg2} = 1$   $F_{te} = F_t = 1109$  Н

$$\delta_{F2} = \frac{1 \cdot 1,6 \cdot 1,04 \cdot 0,94 \cdot 3,6 \cdot 1109}{0,025 \cdot 0,001 \cdot 10^6} = 250 \text{ МПа} < [\delta]_{F2}$$

$$\delta_{F1} = \delta_{F2} \frac{Y_{F1}}{Y_{F2}} \quad (47)$$

$$\delta_{F1} = 250 \cdot \frac{3,62}{3,6} = 251 \text{ МПа} < [\delta_{F1}]$$

Расчетное контактное напряжение:

$$\delta_H = \frac{K_H}{a_w U} \sqrt{\frac{(U+1)^3 \cdot K_{H\alpha} K_{H\beta} K_{HV} T_{нег}}{b_2}} \leq [\delta]_H, \quad (48)$$

где  $K_H = 2,7 \cdot 10^5$ ,  $K_{H\alpha} = 1,1$ ,  $K_{HV} = 1,05$ ,  $K_{\beta} = 1,7$  для косозубых колес

$$\sigma_H = \frac{2,7 \cdot 10^5}{0,1 \cdot 0,6} - \sqrt{\frac{(0,6+1)^3 \cdot 1,1 \cdot 1,05 \cdot 1,7 \cdot 42}{0,025}} = 523 \text{ МПа} > [\sigma]_H$$

Перегрузка составляет:

$$\Delta \sigma = \frac{523 - 514}{514} \cdot 100\% = 1,7\%, \text{ что допустимо.}$$

В рамках конструкторского раздела выполнено техническое задание на разрабатываемую конструкцию. Сформулировано техническое предложение на техническое задание, в рамках которого предложены электрическая и кинематическая схема конструкции. Выполнены необходимые мощностные и прочностные расчеты. Чертежи конструкции представлены на листах графической части выпускной квалификационной работы. Спецификация разработанной конструкции приведена в Приложении А.

## **4 Технологический процесс восстановления шеек коленчатого вала методом наплавки**

### **4.1 Условия работы механизма**

При разработке технологического процесса необходимо понимание, какого рода и вида нагрузки испытывает деталь в процессе эксплуатации. Это позволяет определить возможные виды износа, а также определить пути восстановления геометрии поверхности.

«Валы двигателя и его механизмов при работе испытывают как циклические, так и ударные нагрузки. Валы вращаются в подшипниках, причем конструкция подшипникового узла напрямую зависит от специфики механизма.» [24]

«Основными видами дефектов вала являются износ посадочных поверхностей под подшипники. Данные виды износа являются следствием износа, при котором поверхности прихватываются друг к другу, в результате чего происходит вырывание частиц металла из массы детали. Также разновидностью механического износа, которому подвергается вал, является абразивный – в результате воздействия твердых тел или частиц.

Валы изготавливаются из высококачественной конструкционной стали.

Посадочные поверхности под подшипники восстанавливаются осталиванием. При износе более 0,4 мм применяют вибродуговую наплавку или напыление металлических порошков. Изношенные шлицевые поверхности восстанавливаются автоматической наплавкой порошковой проволокой, вибродуговой наплавкой.» [2]

## 4.2 Разработка операционной технологии восстановления вала

Исходя из определенных нагрузок и видов износа, которые определены для вала, возможно определить дефекты, которые возникают в процессе эксплуатации.

«В процессе работы вала возникают следующие дефекты:

- износ посадочных поверхностей под подшипник;

В дальнейшем будем рассматривать данный дефект. Учитывая условие работы и виды износа шлицевого вала, этот дефект будем устранять наплавкой в среде углекислого газа.» [6]

«Наплавка проводится без последующей термической обработки, и без предварительной механической обработки. Для наплавки используется полуавтомат А-547Р. Последующая механическая обработка точение и далее шлифование. Для наплавки используется проволока 1,2 Нм-30ХГСА ГОСТ 10543-82.

Перед неплавкой вал предварительно нагревается до температуры 370—380° с помощью индукторов, работающих на токе промышленной частоты. При наплавке применяется порошковая проволока ППЗХ2В8 диаметром 3,6 мм и флюс АН-20. Наплавленный металл имеет среднее содержание углерода в пределах 0,40—0,52%. Шаг наплавки 2,9—5,85 мм на оборот детали. Скорость вращения детали 36—44 м/час, напряжение на дуге 34—35 В.» [16]

«Существенное влияние на качество наплавленного слоя оказывает шаг наплавки. Малый шаг наплавки дает более мелкую полосчатость на поверхности вала через определенное время работы его в стане. Большой шаг наплавки, наоборот, дает более крупную полосчатость, что является причиной снятия вала со стана. Оптимальный шаг наплавки устанавливается экспериментально.» [6]

«Наплавленный вал подвергают отпуску металла. Прогрев наплавленного вала при температуре 380° с целью выравнивания температуры производят в течение 10—12 часов, затем валок помещают в

утепленный короб для замедленного охлаждения. Охлаждение вала до температуры 60° длится не менее 48 часов. Отпуск наплавленного вала производят после вторичного нагрева до температуры 380° с последующим замедленным охлаждением в утепленном коробе в течение 48 часов. Отпуск возможен как до, так и после механической обработки.» [19]

Нарушение технологии наплавки валов приводит к появлению дефектов в виде холодных и горячих трещин. Для предотвращения подобного дефекта необходимо строго следовать разработанной технологии, производить нагрев детали перед проведением наплавки и не допускать резкого охлаждения после завершения технологической операции наплавки

Исходя из особенностей разработанной конструкции выполнена разработка технологического процесса проведения восстановления деталей. Результатом выполнения раздела явилась разработка технологической карты. Технологическая карта вынесена также на лист графической части выпускной квалификационной работы.

## **5 Безопасность жизнедеятельности и охрана труда на участке**

### **5.1 Основная характеристика участка**

В рамках выпускной квалификационной работы нами рассматривается участок ремонта двигателей и агрегатов двигателя автомобилей. Поскольку в работе бакалавра производится разработка устройства для проведения восстановления деталей автомобиля методом наплавки, следовательно, участок на котором будет осуществляться данный технологический процесс – моторный участок. Данный участок располагается в основном корпусе предприятия и имеет технологическую связь с агрегатно-моторным участком, откуда получает детали после прохождения дефектовочных работ и наряд-заказы на проведение работ по восстановлению геометрических размеров деталей различными методами (расточка, шлифовка, наплавка и др.).

Участок имеет источник естественного освещения в виде оконных проемов. Также имеются источники искусственного освещения, как в виде источников общего света в виде ламп, так и в виде точечного освещения на рабочих местах.

Электроснабжение участка – трехфазное, с заземлением типа TS-C. Подвод напряжения к рабочим местам осуществляется через устройства защитного отключения, для предотвращения поражения рабочего электрическим током.

Вентиляция – естественная, приточно-вытяжная. Над рабочими местами, где проводится работа, связанная с нагревом металла или использованием едких веществ предусмотрена принудительная вытяжка.

Рассмотрим вредные производственные факторы и профессиональные риски, характерные для участка данного типа. Идентификация профессиональных рисков позволит разработать мероприятия по их нейтрализации.



## 5.2 Профессиональные риски, характерные для участка

Профессиональные риски имеют строгую классификацию в соответствии с разработанными стандартами в сфере охраны труда. Приведем ряд цитат из стандарта ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация», которые относятся непосредственно к рассматриваемому моторному участку.

«Вредные производственные факторы по воздействию на организм работающего человека, на участке можно отметить:

- факторы, приводящие к хроническим заболеваниям, в том числе усугубляющие уже имеющиеся заболевания, за счет длительного относительно низкоинтенсивного воздействия;

- факторы, приводящие к острым заболеваниям (отравлениям, поражениям) или травмам за счет кратковременного относительно высокоинтенсивного воздействия» [12]

«Опасные производственные факторы по воздействию на организм работающего человека, на участке можно отметить:

- факторы, приводящие к смертельным травмам (летальному исходу, смерти);

- факторы, приводящие к несмертельным травмам.

Опасные и вредные производственные факторы по характеру своего происхождения, на участке можно отметить:

- факторы, порождаемые физическими свойствами и характеристиками состояния материальных объектов производственной среды;

- факторы, порождаемые химическими и физико-химическими свойствами используемых или находящихся в рабочей зоне веществ и материалов;

- факторы, порождаемые социально-экономическими и организационно-управленческими условиями осуществления трудовой

деятельности (плохая организация работ, низкая культура безопасности и т.п.);

– факторы, порождаемые психическими и физиологическими свойствами и особенностями человеческого организма и личности работающего (плохое самочувствие работника, нахождение работника в состоянии алкогольного, наркотического или токсического опьянения или абсистенции, потеря концентрации внимания работниками и т.п.)» [23]

«Опасные и вредные производственные факторы по характеру их изменения во времени подразделяют, на участке можно отметить:

- на постоянные, в том числе квазипостоянные;
- переменные, в том числе периодические;
- импульсные, в том числе регулярные и случайные.» [23]

«Опасные и вредные производственные факторы по характеру их действия во времени подразделяют:

- на постоянно действующие;
- периодически действующие, в том числе интермиттирующие;
- апериодически действующие, в том числе стохастические.

Опасные и вредные производственные факторы по непосредственности своего воздействия подразделяют:

- на непосредственно воздействующие на организм занятого трудом человека;
- опосредованно воздействующие на организм занятого трудом человека через другие порождаемые ими и непосредственно воздействующие на организм занятого трудом человека факторы.

Опасные и вредные производственные факторы производственной среды по источнику своего происхождения подразделяют:

- на природные (включая климатические и погодные условия на рабочем месте);
- технико-технологические;

- эргономические (то есть связанные с физиологией организма человека).

Опасные и вредные производственные факторы производственной среды по природе их воздействия на организм работающего человека подразделяют:

- на факторы, воздействие которых носит физическую природу;
- факторы, воздействие которых носит химическую природу;
- факторы, воздействие которых носит биологическую природу.»

[12]

«Опасные и вредные производственные факторы, обладающие свойствами физического воздействия на организм работающего человека, подразделяют на следующие типичные группы:

- опасные и вредные производственные факторы, связанные с силами и энергией механического движения, в том числе в поле тяжести:

- действие силы тяжести в тех случаях, когда оно может вызвать падение работающего, стоящего на опорной поверхности, на эту же опорную поверхность;

- действие силы тяжести в тех случаях, когда оно может вызвать падение работающего с высоты;

- неподвижные режущие, колющие, обдирающие, разрывающие (например, острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования) части твердых объектов, воздействующие на работающего при соприкосновении с ним, а также жала насекомых, зубы, когти, шипы и иные части тела живых организмов, используемые ими для защиты или нападения, включая укусы;

- опасные и вредные производственные факторы, связанные с механическими колебаниями твердых тел и их поверхностей и характеризующиеся повышенным уровнем общей вибрации; повышенным уровнем локальной вибрации;

– опасные и вредные производственные факторы, связанные с акустическими колебаниями в производственной среде и характеризующиеся повышенным уровнем и другими неблагоприятными характеристиками шума; повышенным уровнем инфразвуковых колебаний (инфразвука);

– отсутствие или недостаток необходимого естественного освещения;

– отсутствие или недостатки необходимого искусственного освещения;

– повышенная яркость света;

– пониженная световая и цветовая контрастность;

– прямая и отраженная блескость;

– повышенная пульсация светового потока» [12]

«Опасные и вредные производственные факторы, обладающие свойствами психофизиологического воздействия на организм человека, подразделяют:

– на физические перегрузки, связанные с тяжестью трудового процесса;

– нервно-психические перегрузки, связанные с напряженностью трудового процесса.

Физические перегрузки подразделяют:

– на статические, связанные с рабочей позой;

– динамические нагрузки, связанные с массой поднимаемого и перемещаемого вручную груза;

– динамические нагрузки, связанные с повторением стереотипных рабочих движений.

Физические перегрузки организма работающего, связанные с тяжестью трудового процесса, в целях оценки условий труда, разработки и принятия мероприятий по их улучшению характеризуются такими показателями, как:»

[12]

- физическая динамическая нагрузка;
- масса поднимаемого и перемещаемого груза вручную;
- стереотипные рабочие движения;
- статическая нагрузка;
- рабочая поза;
- наклоны корпуса тела работника;
- перемещение в пространстве.

«Нервно-психические перегрузки подразделяют:

- монотонность труда, вызывающая монотонию;
- эмоциональные перегрузки.» [23]

Означенные профессиональные риски характерны для участка по ремонту автомобильных двигателей. Привязка рисков к определенному технологическому оборудованию и технологическим процессам позволит провести разработку комплекса методов, направленных на снижение их влияния на рабочих.

### **5.3 Разработка мероприятий по снижению воздействия профессиональных рисков на работающих**

«Для предотвращения угроз профессиональной безопасности при управлении профессиональными рисками необходимо применять ко всем видам деятельности, связанными с опасностями, средства оперативного контроля. В качестве примеров выбора дополнительных мер управления профессиональными рисками можно рассмотреть:

- модификацию конструкции, позволяющую ликвидировать опасность, например, использование механических подъемных устройств для исключения профессионального риска, связанного с ручными подъемными операциями;
- замену опасного материала на менее опасный или уменьшение

энергии системы (например, снижение усилий, силы тока, давления, температуры и т.п.);

– средства коллективной защиты: сигнализации, предупредительные надписи и знаки безопасности, маркировка пешеходных дорожек и т.д.;

– административные меры управления: процедуры обеспечения безопасности, проверки оборудования, контроль доступа, системы обеспечения безопасности работы, инструктажи по охране труда и т.д.;

– обеспечение работника дополнительными средствами индивидуальной защиты: очки защитные, средства защиты органов слуха, щитки защитные лицевые, респираторы, перчатки и т.д.» [23]

«Для обеспечения эффективной работы по идентификации опасностей и оценки профессиональными рисками, а также использования процессов обмена информацией и консультаций, заведующий обеспечивает:

- обмен информацией и консультирование в отношении рисков для безопасных условий труда и здоровья между различными уровнями, а также с работниками сторонних организаций;

- документирование соответствующих обращений внешних заинтересованных сторон, а также ответа на них.» [12]

Методы и средства снижения профессиональных рисков, типичных для моторного участка, сводятся в таблицу 3.

Таблица 3 – Методы и средства снижения профессиональных рисков

Вид выявленного вредного производственного фактора	Методы и средства снижения или устранения вредного производственного фактора	Используемые СИЗ
1	2	3
Факторы, приводящие к заболеваниям	Применение средств индивидуальной защиты, изолирующих от негативного воздействия окружающей среды	Использование спецодежды Использование средств защиты органов зрения и органов дыхания

Продолжение таблицы 3

Вид выявленного вредного производственного фактора	Методы и средства снижения или устранения вредного производственного фактора	Используемые СИЗ
1	2	3
«Факторы, порождаемые физическими свойствами и характеристиками состояния материальных объектов производственной среды;» [12]	Применение средств коллективной защиты (нанесение предупреждающих надписей, информационных табличек, меток и т.д.) Модификация конструкции с целью снижения рисков	Применение низковольтных ламп в сетях освещения Использование спецодежды
«Факторы, порождаемые химическими и физико-химическими свойствами используемых или находящихся в рабочей зоне веществ и материалов;» [12]	Применение средств индивидуальной защиты, изолирующих от негативного воздействия окружающей среды	Использование спецодежды Использование средств защиты органов зрения и органов дыхания
«Факторы, порождаемые социально-экономическими и организационно-управленческими условиями осуществления трудовой деятельности» [12]	Административные меры обеспечения безопасности труда Разработка рациональных режимов труда и отдыха Материальная компенсация вредных условий труда	Не предусмотрено
«Факторы, порождаемые психическими и физиологическими свойствами и особенностями человеческого организма и личности работающего» [12]	Административные меры обеспечения безопасности труда Разработка рациональных режимов труда и отдыха Материальная компенсация вредных условий труда Обеспечение смены рода деятельности в течении дня	Не предусмотрено
«Опасные и вредные производственные факторы, связанные с силами и энергией механического движения» [12]	Применение средств индивидуальной защиты, изолирующих от негативного воздействия окружающей среды	Защитные и вибропоглощающие перчатки, нарукавники. Наколенники и налокотники.
«Неподвижные режущие, колющие, обдирающие, разрывающие (например, острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования)» [12]	Применение средств индивидуальной защиты, изолирующих от негативного воздействия окружающей среды Административные меры обеспечения безопасности труда	Защитные перчатки, нарукавники. Наколенники и налокотники. Проведение инструктажа по правилам ТБ на производстве

Продолжение таблицы 3

Вид выявленного вредного производственного фактора	Методы и средства снижения или устранения вредного производственного фактора	Используемые СИЗ
1	2	3
«Опасные и вредные производственные факторы, связанные с механическими колебаниями твердых тел и их поверхностей» [12]	«Применение средств индивидуальной защиты, изолирующих от негативного воздействия окружающей среды Административные меры обеспечения безопасности труда» [12]	Защитные и вибропоглощающие перчатки, нарукавники. Наколенники и налокотники.
Отсутствие или недостаток необходимого освещения	«Обеспечение индивидуальных средств освещения рабочего места Разработка и прокладка осветительных сетей» [12]	Индивидуальные переносные фонари и осветительные лампы
«Физические перегрузки, связанные с тяжестью трудового процесса;» [12]	«Административные меры обеспечения безопасности труда Механизация работ Внедрение в рабочий процесс машин и механизмов, заменяющих ручной труд» [12]	Проведение инструктажа по правилам ТБ на производстве
«Нервно-психические перегрузки, связанные с напряженностью трудового процесса» [12]	Административные меры обеспечения безопасности труда Разработка рациональных режимов труда и отдыха Материальная компенсация вредных условий труда Обеспечение смены рода деятельности в течении дня	Не предусмотрено

Основным организационно-техническим мероприятием по снижению воздействия профессиональных рисков будет являться применение средств индивидуальной защиты (СИЗ). Несмотря на то, что СИЗ способны в значительной степени компенсировать воздействие профессиональных



рисков, наибольший эффект в сфере охраны труда может быть достигнут при комбинировании применения СИЗ и мероприятий административного характера, направленных на стимулирование работающих к более внимательному отношению к тем профессиональным рискам, которые присутствуют на участке.

#### 5.4 Пожарная безопасность и противопожарные мероприятия на участке

Наиболее опасным и разрушительным фактором любого промышленного предприятия будет являться огонь. На автотранспортном предприятии присутствует множество источников пожарной опасности, таких как горючие и легковоспламеняющиеся вещества, а также множество источников пожарной опасности, таких как открытое пламя, искры или раскаленные детали и предметы. Именно по этой причине требуется разработка комплекса мер обеспечения пожарной безопасности.

Факторы пожарной опасности, источники пожара и классификация пожаров приводятся в таблице 4.

Таблица 4 – Факторы пожарной опасности на участке и их классификация

Класс пожара	Источник пожарной опасности	Опасные факторы пожара	Способ тушения
«А – горение твердых веществ А1 – горение твердых материалов, сопровождаемое тлением А2 – горение твердых материалов, не сопровождаемое тлением» [12]	«горючие твердые вещества, ветошь и обтирочный материал искры от режущего абразивного инструмента, открытое пламя газовых горелок, электрическая дуга, искры» [12]	«Задымление помещения, высокая температура открытого пламени, низкая концентрация кислорода, выброс токсических веществ продуктов горения» [12]	«Все виды огнетушащих веществ: вода, пена, порошки, хладоны» [12]

Продолжение таблицы 4

<p>«В – горение жидких веществ</p> <p>В2 – горение неполярных горючих и легковоспламеняющихся жидкостей и плавящихся при нагреве веществ» [12]</p>	<p>«топливо, мазут, консистентные смазки и технические жидкости» [12]</p>	<p>«Задымление помещения, высокая температура открытого пламени, низкая концентрация кислорода, выброс токсических веществ продуктов горения, объёмное горение, взрыв» [12]</p>	<p>«пена; тонкораспыленная вода; хладоны; огнетушащие порошки общего назначения; аэрозольное пожаротушение и инертные разбавители: N<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, и т.п.» [12]</p>
<p>«С - горение газообразных горючих веществ» [12]</p>	<p>сварочные газы, метан</p>	<p>«Высокая температура открытого пламени, низкая концентрация кислорода, выброс токсических веществ продуктов горения, объёмное горение, взрыв» [12]</p>	<p>«объёмное тушение и флегматизация газовыми составами; огнетушащие порошки общего назначения; пены, вода (для охлаждения оборудования)» [12]</p>

«Для обеспечения пожарной безопасности на участке, требуется принятие противопожарных мероприятий, имеющих как организационный, так и инженерный характер. К таковым мероприятиям на участке сборки будут относиться:

- разработка комплекса норм и правил по обращению с горючими веществами и правил поведения персонала при проведении огневых работ и работ, связанных с горючими материалами;
- проведение регулярного инструктажа работников, с целью доведения информации о правилах проведения работ, связанных с горючими

материалами и соблюдения норм пожарной безопасности;

- организация внутрипроизводственной пожарной охраны, осуществляющей функции надзора за соблюдением норм и правил по обращению с горючими веществами, а также норм и правил соблюдения противопожарной безопасности;

- организация хранения горючих и пожароопасных материалов в соответствии с их физико-химическими и противопожарными свойствами;

- оснащение участка средствами наблюдения и сигнализации за пожарной ситуацией, проведение инструктажа персонала о поведении в случае срабатывания пожарной сигнализации;

- оснащение участков средствами первичного пожаротушения в соответствии с классом возможного пожара.» [23]

## **5.5 Мероприятия по обеспечению экологической безопасности участка**

Автотранспортное предприятие в целом и моторный участок в частности не относятся к категории предприятий, представляющих повышенную опасность для окружающей среды. Но при этом, как любой промышленный объект, участок вносит свой вклад в загрязнение окружающей среды. В первую очередь это касается выработке отходов производства, которые формируются при механической обработке деталей, например. Если рассмотреть технологический процесс ремонта, то можно выделить следующие категории загрязняющих веществ, представляющих угрозу экологической безопасности:

- отходы ремонта агрегатов и узлов двигателя (изношенные металлические детали, резиновые манжеты, подшипники качения и скольжения и др.);

- смыв с рук рабочих смазочных материалов и растворителей;

- металлическая и абразивная пыль, окалина, образующиеся в

результате обработки деталей автомобиля и при подготовке деталей к технологической процедуре восстановления;

- ветошь и обтирочные материалы, остающиеся после протирки деталей и очистки рук работников участка.

В качестве мероприятий, обеспечивающих требования экологической безопасности, принимаются следующие:

- утилизация отходов в соответствии с классами опасности;
- отдельный сбор металлических и неметаллических отходов, сортировка мусора на участке;
- очистка сточных вод перед сливом их в канализационный коллектор от остатков ГСМ и растворителей;
- «соблюдение требований, предъявляемых к размещению, строительству и эксплуатации потенциально опасных объектов, а также к осуществлению потенциально опасной деятельности» [23]

В рамках выполнения раздела по охране труда и безопасности жизнедеятельности на моторном участке был произведен анализ опасных производственных факторов. На основе выполненного анализа был разработан комплекс мероприятий, направленных на снижение воздействия на рабочих. В качестве основной меры защиты был предложен комплекс СИЗ, позволяющих нейтрализовать воздействие опасных производственных факторов на работающих. Рассмотрены факторы пожарной опасности и выявлены источники возникновения пожарной опасности. Предложены мероприятия по снижению пожарной опасности. Рассмотрены факторы воздействия деятельности предприятия на окружающую среду. Предложены различные меры организационного и технического характера, способные снизить это воздействие. На основании изложенного, задачи, поставленные в рамках выполнения, раздела по охране труда и безопасности на участке выполнены полностью.

## Заключение

В рамках выполнения выпускной квалификационной работы была выполнена разработка установки для наплавки шеек коленчатых валов. В рамках выполнения выпускной квалификационной работы был произведен комплекс работ, направленных на раскрытие темы не только с точки зрения проектирования конструкции устройства, но и интеграции его на рабочий участок.

С этой целью был произведен расчет участка на уровне рабочего проекта. Целью расчета явилось представление о роли и месте оборудования в технологическом процессе ремонта автомобильного двигателя. Определен список необходимого технологического оборудования, размещаемого на участке. Рассчитано количество рабочих и выполнено их распределение по рабочим местам.

Выполнен анализ конструкции устройства для наплавки. С этой целью рассмотрены различные образцы, производимые промышленно или представленные в виде патентов и описаний изобретения. Выявлены основные конструкторские особенности оборудования данного типа. Произведен сравнительный анализ конструкций различного назначения.

В рамках конструкторского раздела выполнено техническое задание на разрабатываемую конструкцию. Сформулировано техническое предложение на техническое задание, в рамках которого предложены электрическая и кинематическая схема конструкции. Выполнены необходимые мощностные и прочностные расчеты. Чертежи конструкции представлены на листах графической части выпускной квалификационной работы.

Исходя из особенностей разработанной конструкции выполнена разработка технологического процесса проведения восстановления деталей. Результатом выполнения раздела явилась разработка технологической карты. Технологическая карта вынесена также на лист графической части выпускной квалификационной работы.

В рамках выполнения раздела по охране труда и безопасности жизнедеятельности на моторном участке был произведен анализ опасных производственных факторов. На основе выполненного анализа был разработан комплекс мероприятий, направленных на снижение воздействия на рабочих. В качестве основной меры защиты был предложен комплекс СИЗ, позволяющих нейтрализовать воздействие опасных производственных факторов на работающих. Рассмотрены факторы пожарной опасности и выявлены источники возникновения пожарной опасности. Предложены мероприятия по снижению пожарной опасности. Рассмотрены факторы воздействия деятельности предприятия на окружающую среду. Предложены различные меры организационного и технического характера, способные снизить это воздействие.

Выполнение поставленных в рамках работы бакалавра задач позволяет сделать заключение о выполнении работы в целом.

## Список используемых источников

1. Анопченко, В. Г. Практикум по теории движения автомобиля [Электронный ресурс] : учеб. пособие. - 2-е изд., перераб. и доп. Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2013. 116 с. ISBN 978-5-7638-2494-0.
2. Богатырев, А. В. Автомобили : учебник. – 3-е изд., стереотип. Москва : ИНФРА-М, 2019. 655 с. (Высшее образование: Бакалавриат). [www.dx.doi.org/10.12737/2530](http://www.dx.doi.org/10.12737/2530). ISBN 978-5-16-101092-1.
3. Березина, Е. В. Автомобили: конструкция, теория и расчет: Учебное пособие. М.: Альфа-М: НИЦ Инфра-М, 2018. 320 с.: ил.; . (ПРОФИЛЬ). ISBN 978-5-98281-309-1. Текст : электронный.
4. Вахламов, В. К. Автомобили: Основы конструкции: учебник для студ. высш. учеб. Заведений. М.: Издательский центр «Академия», 2008. 528 с.
5. Волков, В.С. Конструкция автомобиля : учеб. пособие. Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2019. 200 с. ISBN 978-5-9729-0329-0.
6. Высочкина, Л. И. Автомобили: конструкция, расчет и потребительские свойства [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие по курсовому проектированию. Ставрополь, 2013. 68 с.
7. Головин, С. Ф. Технический сервис транспортных машин и оборудования [Электронный ресурс] : учеб. пособие. Москва : ИНФРА-М, 2017. 282 с. (Высшее образование). ISBN 978-5-16-011135-3
8. Гринцевич, В. И. Техническая эксплуатация автомобилей. Технологические расчеты [Электронный ресурс] : учеб. пособие. Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2011. 194 с. ISBN 978-5-7638-2378-3.
9. Лата, В.Н. Основы моделирования управляемого движения автомобиля : учебное пособие. Тольятти : ТГУ, 2012. 60 с. [11] : ил.-Библиогр.: с.10-21.
10. Набоких, В. А. Испытания автомобиля : учебное пособие. 2-е изд. Москва : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2020. 224 с. (Среднее профессиональное

образование). ISBN 978-5-16-106839-7. Текст: электронный. URL: <https://znanium.com/catalog/product/1087951>

11. Огороднов, С.М. Конструкция автомобилей и тракторов: учебник. Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2019. 284 с. ISBN 978-5-9729-0364-1.

12. Пантелеева, Е. В. Безопасность жизнедеятельности [Электронный ресурс] : учеб. пособие. Москва : ФЛИНТА, 2018. 286 с. ISBN 978-5-9765-1727-1.

13. Радин, Ю. А. Справочное пособие авторемонтника. Москва : Транспорт, 2018. 285 с. : ил. Библиогр.: с. 277. Предм. указ.: с. 278-278. ISBN 5-277-00094-1 : 28-80.

14. Ремонт автомобилей [Электронный ресурс]. Режим доступа <http://automend.ru/>

15. Руктешель, О.С. Выбор параметров и оценка тягово-скоростных и топливно-экономических свойств автомобиля. Минск : БНТУ, 2019. 77 с.

16. Савич, Е. Л. Легковые автомобили : учебник. 2-е изд., перераб. и доп. Минск : Новое знание ; Москва : ИНФРА-М, 2019. 758 с. : ил. (Высшее образование). ISBN 978-5-16-104387-5.

17. Сергеенко, В.А. Проверочный расчет зубчатых передач трансмиссии автомобилей. Минск : БНТУ, 2016. 61 с.

18. Соломатин, Н.С. Испытания узлов, агрегатов и систем автомобиля : учебное пособие. Тольятти : ТГУ, 2013. 140 с. [1] : ил. Библиогр: с. 110-112.

19. Стуканов, В. А. Основы теории автомобильных двигателей и автомобиля : учебное пособие. Москва : ИД «ФОРУМ» : ИНФРА-М, 2020. 368 с. ISBN 978-5-16-101654-1.

20. Техническое обслуживание и ремонт автомобилей: учебник; под ред. В. М. Власова. Гриф МО. Москва : Academia, 2019. 477 с. : ил. Библиогр.: с. 473. Прил.: с. 421-472. ISBN 5-7595-1150-8 : 191-82.

21. Халтурин Д.В., Испытание автомобилей и тракторов : практикум. Томск : Изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та, 2017. 172 с. (Серия "Учебники



ТГАСУ") ISBN 978-5-93057-791-4. Текст : электронный. ЭБС "Консультант студента": [сайт].

22.Чернова, Е.В. Детали машин: проектирование станочного и промышленного оборудования: учеб. пособие для вузов. Москва: Машиностроение, 2011. 605 с.

23.Щелчкова, Н. Н. Практикум по безопасности жизнедеятельности. Часть II : учебно-практическое пособие. Москва : ИНФРА-М, 2019. 225 с. ISBN 978-5-16-108275-1.

24.Catalin, Alexandru. Vlad, Totu, Method for the multi-criteria optimization of car wheel mechanisms;. Ingeniería e Investigación, 2016. 137s

25.Denton, Tom Automobile Mechanical and Electrical Systems: 2nd Edition: Routledge, 2017. 378p. ISBN 9780415725781

Приложение А  
**Спецификация**

Фирма	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
				<u>Документация</u>			
			22.ДП.ПЭА.444.40 СБ	Сборочный чертеж	2		
			22.ДП.ПЭА.444.40 СБ	Разрезы	1		
			22.ДП.ПЭА.444.40.00	Детализовка			
				<u>Сборочные единицы</u>			
		1	22.ДП.ПЭА.444.40.01 СБ	Рама	1		
		2	22.ДП.ПЭА.444.40.02 СБ	Центр	1		
		3	22.ДП.ПЭА.444.40.03 СБ	Винт	1		
		4	22.ДП.ПЭА.444.40.04 СБ	Привод патрона	1		
		5	22.ДП.ПЭА.444.40.05 СБ	Щеточный узел	1		
				<u>Детали</u>			
		6	22.ДП.ПЭА.444.40.01.06	Втулка	1		
		7	22.ДП.ПЭА.444.40.01.07	Опора вала задняя	1		
		8	22.ДП.ПЭА.444.40.01.08	Кронштейн центра	1		
		9	22.ДП.ПЭА.444.40.01.09	Фланец	1		
		10	22.ДП.ПЭА.444.40.01.10	Наружный цилиндр	1		
		11	22.ДП.ПЭА.444.40.01.11	Пластина крепления щеток	1		
		12	22.ДП.ПЭА.444.40.01.12	Прижимной винт	1		
		13	22.ДП.ПЭА.444.40.01.13	Резьбовая втулка	1		
		14	22.ДП.ПЭА.444.40.01.14	Стакан	1		
		15	22.ДП.ПЭА.444.40.01.15	Внутренний цилиндр	1		
		16	22.ДП.ПЭА.444.40.01.16	Центр	1		
		17	22.ДП.ПЭА.444.40.01.17	Кронштейн патрона	1		
		18	22.ДП.ПЭА.444.40.01.18	Вал привода патрона	1		
		19	22.ДП.ПЭА.444.40.01.19	Втулка распорная	1		
			<b>22.ДП.ПЭА.444.40 СБ</b>				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			
Разраб.	Бародин				Лит	Лист	
Пров.	Бабровский				Д	1	
Н. контр.	Бабровский				Листов		
Утв.	Бабровский				2		
<b>Установка для наплавки валов</b>					<b>ТГУ, ИнМаш</b>		

Рисунок А.1 - Спецификация