

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

Институт машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра «Сварка, обработка материалов давлением и родственные процессы»

(наименование кафедры)

15.03.01 «Машиностроение»

(код и наименование направления подготовки, специальности)

«Оборудование и технология сварочного производства»

(направленность (профиль)/специализация)

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему Технология ремонта двигателя автомобиля ЗИЛ 130

Студент	<u>С.В. Смирнов</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
Руководитель	<u>Г.М. Короткова</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
Консультанты	<u>А.Г. Егоров</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
	<u>О.М. Сярдова</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
	<u>П.А. Корчагин</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)

Допустить к защите

Заведующий кафедрой д.т.н., профессор, В.В. Ельцов
(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

(личная подпись)

« _____ » _____ 20 _____ г.

Тольятти 2019

АННОТАЦИЯ

Коленчатый вал – наиболее нагруженная деталь двигателя внутреннего сгорания. Основными нагрузками, определяющими его рабочий ресурс, являются высокое контактное давление в трущихся сопряжениях и большое количество циклов знакопеременных нагружений. Это приводит к неравномерному износу и перекосам рабочих поверхностей, нарушению масляной пленки и созданию условий для сухого и граничного трения. В результате может происходить «схватывание» и выплавление вкладышей, сопряженных с наплавленными шейками коленчатого вала. Улучшение антифрикционных свойств контактирующих поверхностей деталей позволяет снизить потери на трение, которые составляют в указанных узлах около 50 % общих механических потерь в двигателе, и, таким образом, повысить экономичность его работы.

Цель выпускной квалификационной работы – повышение производительности и качества ремонта деталей двигателя автомобиля на примере восстановления коленчатого вала ЗИЛ-130.

В выпускной квалификационной работе решены задачи:

- 1) выполнить анализ альтернативных способов восстановления деталей машин и обосновать выбор способа восстановления рассматриваемой детали;
- 2) повысить эффективность выбранного способа восстановления за счёт применения наукоёмких технических решений;
- 3) составить проектную технологию восстановления изделия с применением предложенных ранее технических решений;
- 4) выполнить оценку безопасности и экологичности предложенных технических решений;
- 5) выполнить оценку экономической эффективности предложенных технических решений.

Пояснительная записка содержит 59 страниц, графическая часть включает 6 листов формата А1.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1 Анализ современного состояния вопроса восстановления коленчатых валов автомобилей	
1.1 Описание изделия и условия его работы.	7
1.2 Сведения о материале изделия.	10
1.3 Операции базового процесса восстановления.	11
1.4 Анализ источников научно-технической информации.	13
1.5 Формулировка задач выпускной квалификационной работы	16
2 Проектная технология восстановления	
2.1 Обоснование выбора способа восстановления.	18
2.2 Описание установки для плазменного напыления.	24
2.3 Выбор порошка для плазменного напыления.	27
2.4 Технология нанесения покрытия.	30
3 Безопасность и экологичность технического объекта	
3.1 Технологическая характеристика объекта.	32
3.2 Персональные риски, возникающие при реализации технологического процесса.	34
3.3 Разработанные технические и организационные предложения по уменьшению выявленных при анализе проектной технологии профессиональных рисков	35
3.4 Разработанные технические и организационные предложения по обеспечению пожарной безопасности на участке сварки	37
3.5 Оценка безопасности для природной среды предлагаемых технических решений	38
3.6 Заключение по разделу.	39

4 Оценка экономической эффективности выпускной квалификационной работы	
4.1 Исходные данные для выполнения расчетов	41
4.2 Расчёт фонда времени.	43
4.3 Расчет нормы штучного времени на изменяющиеся операции технологического процесса	44
4.4 Расчет заводской себестоимости базового и проектного вариантов технологии.	47
4.5 Капитальные затраты по базовой и проектной технологиям	51
4.6 Показатели экономической эффективности проектной технологии.	54
4.7 Заключение по экономическому разделу.	56
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.	57
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ.	58

ВВЕДЕНИЕ

Восстановление работоспособности изношенных деталей требует затрат в 5...8 раз меньших, чем изготовление новых деталей. Приблизительно 85% деталей, требующих восстановления, имеют износ не более 0,3 мм. Иными словами, работоспособность этих деталей может быть восстановлена при незначительной толщине наносимого нанесении покрытия. В случае восстановления деталей с применением прогрессивных способов, ресурс восстановленной детали может в несколько раз превышать ресурс новой детали. Поэтому повышение качества восстановления деталей должно основываться на применении передовых технологий.

Основными причинами снижения и потери работоспособности двигателей внутреннего сгорания являются абразивный износ в парах трения (поршневые кольца и гильзы, подшипники скольжения коленчатых валов, кулачки распределительных валов и т. п.), кавитационный износ (гильзы цилиндров) и коррозионно-механический износ (тарелка и седло клапана) [1].

Типовой деталью двигателя автомобиля, восстановление которой может быть выполнено с высокой экономической эффективностью, является коленчатый вал. При проведении восстановления коленчатых валов двигателей автомобиля требуется проведение поиска новых, прогрессивных способов, повышающих ресурс деталей и не требующих значительных материальных и трудовых затрат.

Коленчатый вал – наиболее нагруженная деталь двигателя внутреннего сгорания. Основными нагрузками, определяющими его рабочий ресурс, являются высокое контактное давление в трущихся сопряжениях и большое количество циклов знакопеременных нагрузок. Это приводит к неравномерному износу и перекосам рабочих поверхностей, нарушению масляной пленки и созданию условий для сухого и граничного трения. В результате может происходить «схватывание» и выплавление вкладышей,

сопряженных с наплавленными шейками коленчатого вала. Улучшение антифрикционных свойств контактирующих поверхностей деталей позволяет снизить потери на трение, которые составляют в указанных узлах около 50 % общих механических потерь в двигателе, и, таким образом, повысить экономичность его работы. Наиболее перспективным способом снижения температуры деталей двигателя внутреннего сгорания повышения износостойкости трущихся пар, защиты от коррозии является создание теплозащитных, износостойких, коррозионностойких покрытий поверхности деталей [2].

Таким образом, актуальной будет цель выпускной квалификационной работы – повышение производительности и качества ремонта деталей двигателя автомобиля на примере восстановления коленчатого вала ЗИЛ-130.

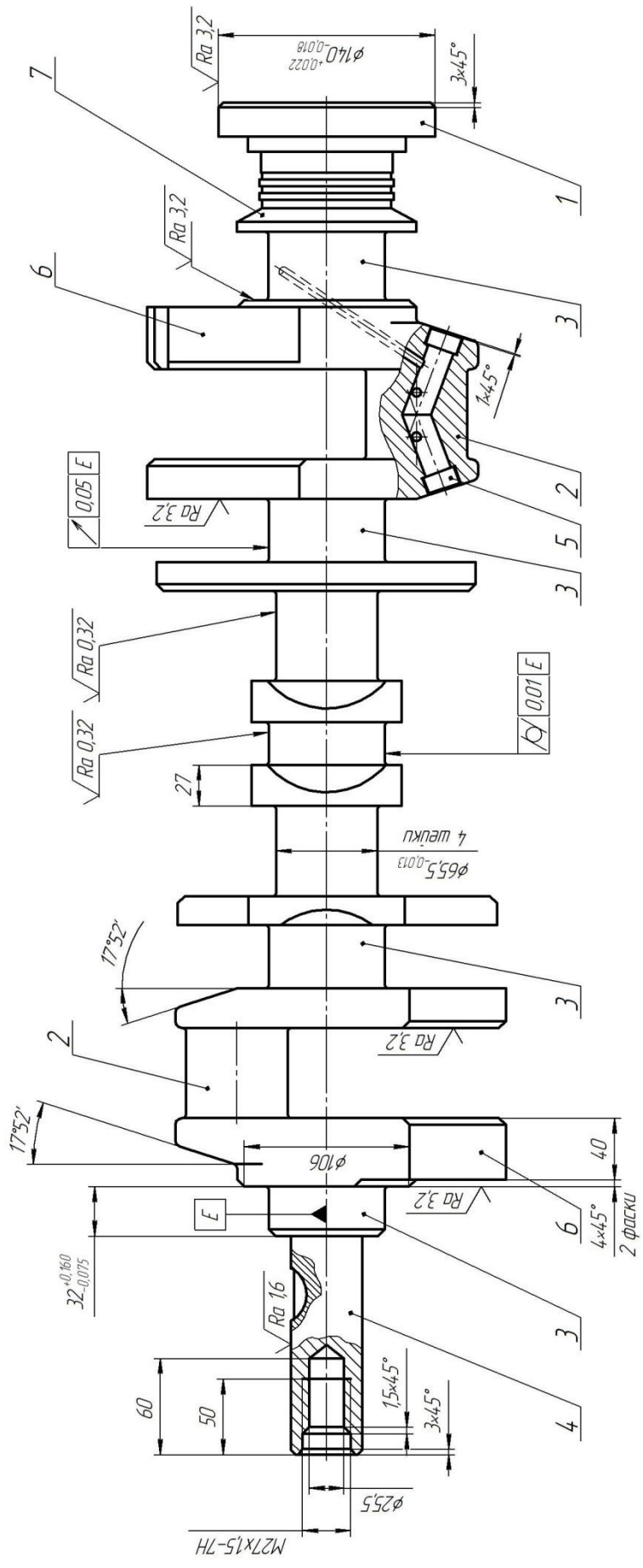
1 Анализ современного состояния вопроса восстановления коленчатых валов автомобилей

1.1 Описание изделия и условия его работы

Коленчатый вал представляет собой деталь, имеющую сложную форму, на которой выполнены шейки для крепления шатунов. От шатунов вал воспринимает усилие и осуществляет его преобразование в крутящий момент. На теле вала имеются коренные и шатунные шейки, щеки, хвостовик и носок. На рис. 1.1 представлен вал двигателя ЗИЛ-130, который является типичным представителем коленчатых валов автомобиля.

Укладка вала и его вращение на коренных (опорных) подшипниках двигателя осуществляется по коренным шейкам вала. Шарнирное соединение вала с нижними головками шатунов осуществляется по шатунным шейкам. Щеки фиксируют друг относительно друга шатунные и коренные шейки. Колено вала образуется двумя щеками, примыкающими к смежным коренным шейкам, и шатунной шейкой. Хвостовик - задняя часть вала, заканчивающаяся фланцем с отверстиями для крепления маховика.

Коленчатый вал подвергается в процессе работы большим нагрузкам на скручивание, изгиб и механическое изнашивание. На коленчатом валу развивается крутящий момент, который развиваемый передается на трансмиссию автомобиля и приводит в действие различные механизмы двигателя. На коленчатый вал действуют силы от давления газов и от движущихся масс. Самые значительные нагрузки возникают при выключении сцепления. Самыми распространёнными неисправностями коленчатых валов являются: износ опорных шеек и деформация вала из-за перегрева. Помимо износа опорных шеек валы, поступающие в ремонт, также имеют изношенную резьбу под храповик, изношенные отверстия во фланце под крепление маховика.



1 – фланец вала; 2 – шатунные шейки; 3 – коренные шейки; 4 – передний конец вала;
 5 – полость для грязеуловления; 6 – противовесы; 7 – маслоотражатель

Рисунок 1.1 – Вал коленчатый

Основными дефектами коленчатого вала являются:

- износ коренных и шатунных шеек;
- увеличение длины шатунных шеек;
- износ шейки под шестерню и ступицу шкива;
- износ отверстий под болты крепления маховика;
- износ отверстия под подшипник;
- износ наружной поверхности фланца;
- биение торцевой поверхности фланца;
- изгиб вала;
- износ маслосгонных канавок;
- износ шпоночной канавки по ширине;
- увеличение длины передней коренной шейки.

Основными параметрами нагрузок, определяющих рабочий ресурс коленчатого вала, являются высокое контактное давление в трущихся сопряжениях шейка–вкладыш и количество циклов знакопеременных нагружений. Они приводят к изнашиванию рабочих поверхностей и уменьшению номинального диаметра коренных и шатунных шеек. Изменение геометрических размеров трущихся сопряжений в свою очередь ведет к возникновению аварийной ситуации: нарушению режима смазывания трущихся сопряжений, созданию условий для «сухого» трения, «схватыванию» и выплавлению сопряженных с шейками вкладышей. Таким образом, коленчатый вал, израсходовавший около 30 % своего конструктивного запаса прочности, выходит из строя по причине незначительного износа, который в зависимости от условий и длительности эксплуатации может составлять десятые доли мм [3].

1.2 Сведения о материале изделия

Для изготовления коленчатого вала автомобиля ЗИЛ-130 используется сталь 45 - углеродистая качественная конструкционная. Химический состав стали 45 приведён в табл. 1.1, механические свойства стали 45 приведены в табл. 1.2.

Таблица 1.1 – Химический состав стали 45

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu	As
0.42 - 0.5	0.17 – 0.37	0.5 - 0.8	до 0.25	до 0.04	до 0.035	до 0.25	до 0.25	до 0.08

Таблица 1.2 – Механические свойства стали 45

Сталь	Предел текучести, МПа	Временное сопротивление разрыву, МПа	Относительное		Ударная вязкость, кДж/м ²
			Удлинение, %	Сужение, %	
45	355	430	17	35	340

Для обоснованного выбора способа сварки, присадочных материалов и режимов сварки изделия необходима предварительная оценка свариваемости его материала. Методикам оценки свариваемости посвящены как отечественные, ГОСТ 29273–92, так и зарубежные, ИСО 581–80, стандарты.

Поскольку сталь 45 имеет высокое содержание углерода, а само изделие предъявляет высокие требования к механическим свойствам наплавленного металла, следует сформулировать трудности при сварке деталей из стали 45:

- 1) Высокую вероятность возникновения в околошовной зоне холодных трещин;
- 2) Высокую вероятность возникновения в металле шва кристаллизационных (горячих) трещин;
- 3) Практическую невозможность обеспечения равнопрочности основного металла, наплавленного металла, и металла околошовной зоны.

1.3 Операции базового процесса восстановления

Доставку деталей участок для восстановления выполняют внутрицеховыми транспортными средствами, используя оборотную тару. Складирование деталей на участке восстановления осуществляют на стеллаже. Первой операцией является очистка деталей от загрязнений.

Очистка деталей от загрязнений является наиболее характерной и специфической операцией при ремонте деталей машин. Качество выполнения этой операции определяет производительность ремонтных работ, качество восстановления, долговечность и надежность отремонтированных машин. Очистка деталей задаёт общий уровень культуры ремонтного производства и его внешний вид.

Очистка вала перед наплавкой выполняется с использованием щелочного состава, препарата МЛ-51 или МЛ-52, приготовленных в виде водного раствора и имеющих концентрацию 10...30 г/литр, температура моющего состава 75...80 °С

Моющее средство МЛ-51 состоит из следующих компонентов: тринатрий фосфата – 18 г/литр; соды кальцинированной – 10 г/литр; каустической соды – 5 г/литр. Для выполнения очистки используют установку ММА1.

Техническая характеристика установки ММА1:

- Тип – наливная с покачиванием промываемых деталей;
- Емкость моечной ванны – 1,5 м³;
- Допускаемое наполнение моечной ванны – 70%;
- Частота покачивания моечной рамки – 12 раз/мин;
- Длительность промывки – 30-40 минут;
- Габаритные размеры установки: длина 2000 мм, ширина 1200 мм, высота 1280 мм.

Работа на моечной машине ММА1 происходит в следующей последовательности.

1) Открывают крышку ванны, открывают кран наполнения ванны, заливают воду в моечную ванну до обозначенного уровня.

2) Взвешивают и засыпают в моечную ванну необходимые компоненты моющего раствора.

3) Закрывают крышку ванны, открываются кран подачи пара и включают электродвигатель покачивания рамки, что требуется для перемешивания моющего раствора.

4) Загружают валы в корзину, которую устанавливают на рамку моечной машины.

5) Закрывают крышку ванны и включают привод покачивания, который работает в течение всего периода мойки.

Продолжительность очистки деталей составляет 30...40 минут. После мойки корзину извлекают, ополаскивают детали, и перемещают корзину с деталями на рабочее место дефектовщика.

Дефектовщик производит осмотр деталей, выявляя дефекты, измеряет величину износа при помощи микрометра. После этого передают детали на стол для выполнения подготовительных работ.

Обжиг масла в маслоканалах осуществляют в электропечи. Температуру обжига задают 400°С, время отжига – 20 минут. После отжига выполняют прочистку маслоканалов, раззенковывают отверстия, и заклепывают их асбестовыми пробками.

После подготовительных операций приступают к восстановлению валов. Закрепляют изделие в кулачках токарного станка. Наплавляют слой порошковой проволокой ПП-Нп-60Х5Г2СМ, сила сварочного тока задана 140...170 А, напряжение на дуге – 22...24 В, ток – постоянный обратной

полярности. Скорость наплавки задаётся 10...12 м/час, скорость подачи проволоки – 1,5...1,8 м/мин.

После наплавки валы охлаждают, удаляют асбестовые пробки из отверстий. Далее выполняют установку коленвала на шлифовальный станок. Режимы шлифования шеек,: скорость вращения круга – 25...30 м/сек, скорость вращения детали – 0,2...0,3 м/сек, величина продольной подачи – 3...8 мм/об, глубина резания – 0,005 мм, расход охлаждающей жидкости – 0,3 л/сек.

После выполнения шлифования вал передают на операцию раззенковки отверстий. Далее выполняют контроль качества, предусматривающий визуальный контроль покрытия, проверка на отсутствие отслоений покрытия, трещин, непроваров. Выполняют проверку геометрических размеров вала. Не допускаются отклонения от требований чертежа.

Следует отметить, базовая технология не позволяет повысить эксплуатационные свойства восстанавливаемых поверхностей вала.

1.4 Анализ источников научно-технической информации

Достижение поставленной цели может быть осуществлено при условии применения прогрессивных технологий восстановления деталей, для чего необходимо выполнить обзор и анализ источников научно-технической информации по вопросу восстановления валов двигателей внутреннего сгорания. Поиск информации вёлся в сети ИНТЕРНЕТ с использованием поисковика GOOGLE по ключевым словам «восстановление вала», «наплавка», «Журнал Автоматическая сварка», «Журнал Сварочное производство», «двигатель внутреннего сгорания».

В первой работе [3] представлены результаты экспериментальных исследований влияния параметров режима широкослойной наплавки на характеристики наплавленного слоя, а также определены оптимальные

диапазоны изменения параметров режима при наплавке поверхностей цилиндрических деталей диаметром 180...300 мм. Показано применение результатов исследования при разработке технологии восстановления крупногабаритных коленчатых валов дизель-генераторов.

Результаты этой работы доказали эффективность применения наплавки порошковой самозащитной проволоки для восстановления валов двигателей внутреннего сгорания. Результаты первой работы будут использованы при анализе возможных способов восстановления.

В работе [13] проведена оценка влияния режимов термообработки на триботехнические характеристики рабочих сопряжений наплавленных коленчатых валов, работающих в условиях трения металла по металлу со смазкой. Показано, что температура отпуска оказывает влияние на количественное соотношение между перлитной и карбидно-цементитной фазами в структуре наплавленного металла и его износостойкость.

Результаты этой работы доказали эффективность применения наплавки порошковой самозащитной проволоки для восстановления валов двигателей внутреннего сгорания. Результаты второй работы будут использованы при анализе возможных способов восстановления.

В третьей работе [14] предложено для повышения эффективности процесса электродуговой наплавки в CO_2 применять импульсную подачу электродной проволоки с целью управления геометрическими размерами валика, снижения глубины проплавления основного металла, повышения стабильности горения дуги и снижения уровня потерь электродного металла. На основании полученных экспериментальных данных установлен оптимальный диапазон параметров импульсной наплавки. Показано, что ограничение глубины проплавления достигается за счет снижения тока на стадии роста капли в элементарном цикле переноса электродного металла.

Результаты этой работы будут использованы при обосновании выбора способа восстановления, который будет использован при составлении проектной технологии восстановления и упрочнения деталей.

В четвёртой работе [15] предложен присадочный порошок на основе железа и составлена технология восстановительной наплавки изделий с цилиндрической поверхностью. Для наплавки предложено использовать плазменные технологии. Свойства наплавленного металла не хуже, чем при применении никелевых сплавов, имеющих большую стоимость. Плазменно-порошковая наплавка по сравнению с ручной дуговой наплавкой штучными электродами и механизированной наплавкой порошковой самозащитной проволокой улучшила качество наплавленного металла, снизило припуски на механическую обработку.

Результаты этой работы доказали эффективность применения плазменных технологий для восстановления деталей вращения. Результаты четвёртой работы будут использованы при анализе возможных способов восстановления.

В пятой работе [16] приведены результаты модернизации системы управления установки А1756 для плазменно-порошковой наплавки. Новая система управления позволяет полностью автоматизировать процесс наплавки, а также оптимизировать расход присадочного порошка и минимизировать его потери. Управление процессом наплавки производится с помощью программатора, выполненного с применением микроконтроллера PIC16F886 (Microchip) и алфавитно-цифрового OLED индикатора WEN1601A (Winstar). Микропроцессорный блок программатора позволяет задавать параметры временных характеристик тока наплавки и расхода порошка и их отработку в процессе программного управления. Разработана и смонтирована схема подключения программатора к установке А1756 с возможностью переключения работы как от программатора, так и в обычном

штатном режиме. Программатор позволяет проводить настройку режимов, обеспечивающих хорошее формирование наплавленных валиков, при автоматической плазменно-порошковой наплавке, качественную заварку кратера и минимальные потери присадочного порошка.

Результаты этой работы доказали эффективность применения плазменных технологий при восстановлении деталей машин. Результаты пятой работы будут использованы при составлении проектной технологии наплавки и оборудования для её осуществления.

1.5 Формулировка задач выпускной квалификационной работы

В настоящей выпускной квалификационной работе поставлена цель – повышение производительности и качества ремонта деталей двигателя автомобиля на примере восстановления коленчатого вала ЗИЛ-130.

Базовая технология восстановительной наплавки предусматривает применение наплавки порошковой проволокой. Недостатками базовой технологии следует признать: 1) малая производительность; 2) недостаточное качество наплавки; 3) не происходит повышения эксплуатационных свойств изделия.

Анализ современных источников научно-технической информации по вопросу восстановления и деталей машин позволил выделить следующие способы восстановления: 1) ручная дуговая наплавка; 2) механизированная наплавка в защитных газах; 3) наплавка порошковыми самозащитными проволоками; 4) плазменные технологии.

Достижение поставленной цели будет возможно, если выполнить анализ способов восстановления деталей машин применительно к рассматриваемой детали - коленчатый вал, предложить технические решения по повышению эффективности выбранного способа путём применения наукоёмких решений и составить технологию восстановления вала.

Таким образом, можно сформулировать задачи выпускной квалификационной работы, последовательное решение которых позволит достигнуть поставленной цели:

- 1) выполнить анализ альтернативных способов восстановления деталей машин и обосновать выбор способа восстановления рассматриваемой детали;
- 2) повысить эффективность выбранного способа восстановления за счёт применения наукоёмких технических решений;
- 3) составить проектную технологию восстановления изделия с применением предложенных ранее технических решений;
- 4) выполнить оценку безопасности и экологичности предложенных технических решений;
- 5) выполнить оценку экономической эффективности предложенных технических решений.

2 Проектная технология восстановления

2.1 Обоснование выбора способа восстановления

2.1.1 Ручная дуговая наплавка покрытыми электродами

Ручная дуговая наплавка покрытыми электродами остаётся самым распространённым способом, который применяется для восстановления деталей машин. Причинами этого являются простота и мобильность сварочного оборудования, возможность проведения наплавки в различных пространственных положениях и труднодоступных местах.

Достоинствами ручной дуговой наплавки являются относительно высокая прочность наплавленного слоя и простота применяемого сварочного оборудования.

Существенным недостатком ручной дуговой наплавки покрытыми электродами является малая производительность наплавки, при этом качество наплавленного металла зависит от практических навыков и кондиции сварщика. Также следует указать, что при ручной дуговой наплавке скорость расплавления электрода непостоянна в течение всего времени горения дуги и плавления электрода (по мере укорочения электрода скорость расплавления возрастает). При этом происходит изменение глубины проплавления основного металла, что объясняется изменением условий теплопередачи от дуги к основному металлу. Результатом этого является непостоянство соотношения долей электродного и основного металлов, которые участвуют в образовании наплавленного металла, а значит, непостоянство состава и свойств восстановленного слоя.

Повышение производительности ручной дуговой наплавки может быть достигнуто путём использования эффекта экзотермических реакций, для чего состав используемые материалы вводят окислители (окалину, гематит, марганцевую руду и пр.) и раскислители (ферротитан, ферросилиций,

алюминиевый порошок и пр.) [6, 7]. Нагрев и плавление этих веществ вызывает протекание экзотермической реакции до расплавления электродного стержня. При недостаточном количестве в покрытии электродов оксидов железа и элементов-раскислителей для образования экзотермической смеси, протекание экзотермического процесса наблюдается на стадии формирования и переноса капли электродного металла.

2.1.2 Механизированная наплавка в среде защитного газа

Из всех способов автоматической дуговой наплавки, способ наплавки в CO_2 наиболее технологичен и универсален, позволяет выполнять наплавку во всех пространственных положениях большинством материалов, применяемых в процессах наплавки: малоуглеродистыми, низко- и среднелегированными, а также некоторыми нержавеющей стали [4, 5].

Защитная среда – углекислый газ, является легкодоступным и сравнительно недорогим средством защиты области дуги. Однако использование данного способа наплавки в ряде случаев ограничивает недостаточная эффективность технологического управления геометрическими параметрами валика наплавленного металла, большая глубина проплавления основного металла, низкая стабильность процесса, высокие потери электродного металла на разбрызгивание. Повышенным вниманием в последнее время также пользуются вопросы энергосбережения и улучшения экологичности процесса наплавки в CO_2 .

Исследованиям, направленным на совершенствование этого технологического процесса, посвящено большое количество работ, из которых следует, что реализация управляемого переноса расплавленного электродного металла в сварочную ванну в большой степени определяет условия формирования наплавленного металла и технологичность способов дуговой сварки и наплавки в среде защитных газов.

Большое распространение при восстановлении изношенных деталей получила механизированная наплавка в углекислом газе плавящимся электродом сплошного сечения. Эта наплавка ведётся на постоянном токе обратной полярности. Вследствие того, что углекислый газ окисляет металл сварочной ванны, требуется вводить в наплавочную проволоку раскислители (марганец, кремний и др.). Подбор типа и марки электродной проволоки следует выполнять исходя из материала подлежащей ремонту детали и требуемых свойств наплавленного металла.

Подачу электродной проволоки регулируют таким образом, чтобы при наплавке не было коротких замыканий или обрывов дуги. Скорость наплавки зависит от толщины наплавляемого металла качества формируемого слоя. Наплавку ведут с наложением валиков с шагом 2,5...3,5 мм. Перекрытие соседних валиков должно быть не менее чем на треть от ширины одного валика.

В числе преимуществ наплавки в среде защитного газа следует выделить: 1) возможность получения высокого качества наплавленного слоя для широкого спектра сочетаний металлов и толщин; 2) возможность получения наплавленного слоя высокой прочности; 3) однородный химический состав наплавленного слоя и основного металла восстанавливаемой детали; 4) инвариантность пространственных положений; 5) возможность осуществления наблюдения за процессом наплавки; 6) отсутствие необходимости применения флюса и удаления шлаковых отложений; 7) высокая производительность и простота механизации способа наплавки.

В качестве недостатка способа следует отметить сильное разбрызгивание электродного металла, которое приводит к налипанию брызг расплавленного металла на мундштук и засоряет сопло горелки.

2.1.3 Наплавка самозащитными порошковыми проволоками

При наплавке самозащитными порошковыми проволоками обеспечение газовой защиты происходит путём введения в состав шихты сердечника проволоки карбонатов (мрамора, магнезит, кальцинированная сода) или органических компонентов. Большинство сердечников порошковых проволок в числе обязательных компонентов содержат плавиновый шпат, который повышает жидкотекучесть шлака и улучшает рафинирование наплавляемого металла. Самозащитные порошковые проволоки могут сильно отличаться по содержанию других шлакообразующих компонентов [8, 9, 10, 11].

Технология включает три последовательно выполняемых этапа [3]: подготовку коленчатого вала; наплавку коренных и шатунных шеек; механическую обработку наплавленного коленчатого вала. Если после наплавки или в процессе механической обработки обнаруживаются дефекты наплавленного слоя (например, участки с крупными порами или раковинами и т. п.), то технологией наплавки дополнительно предусмотрен способ их устранения.

Подготовка коленчатого вала к наплавке включает дефектоскопию подлежащих наплавке поверхностей вала с целью обнаружения трещин. При наличии трещин, выходящих на поверхность шеек и имеющих протяженность более 20 мм, их подвергают механической разделке и заварке.

Оборудование для наплавки коленчатых валов включает вращатель и наплавочный аппарат (например, наплавочная головка А-580), оснащенный механизмом колебаний электрода. В качестве вращателя использован специализированный токарно-винторезный станок, предназначенный для механической обработки заготовок коленчатых валов дизель-генераторов. Широкослойную наплавку выполняют самозащитной порошковой проволокой диаметром 2 мм с использованием предварительного подогрева

наплавляемой шейки до температуры 220...240 °С.

2.1.4 Применение плазменных технологий наплавки и напыления

При плазменно-порошковой наплавке и напылении характеристики переноса и плавления присадочного материала напрямую не связаны с током и напряжением дуги и во многом определяются массовой скоростью подачи и фракционным составом присадочного порошка, а также его физическими свойствами. Учитывая тот факт, что при плазменно-порошковой наплавке и напылении в качестве присадочных материалов в основном используются дорогостоящие порошки сплавов на основе никеля и кобальта, а также специальные наплавочные сплавы на основе железа, важной проблемой является оптимизация расхода порошка и минимизация его потерь при этом способе наплавки [12].

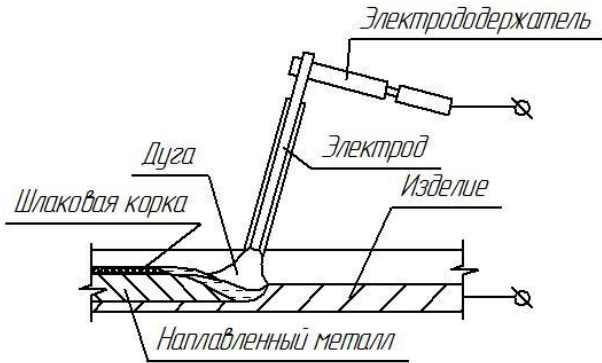
Из параметров режимов наплавки и напыления на расход и потери присадочного порошка, главным образом, влияет сила тока и расход транспортирующего газа. Увеличение силы тока снижает потери присадочного порошка во всем диапазоне скоростей его подачи, так как большее количество порошка может расплавиться как в дуге, так и в сварочной ванне.

При малом расходе транспортирующего газа (3...4 л/мин) процесс часто нарушается вследствие забивания порошком каналов плазматрона.

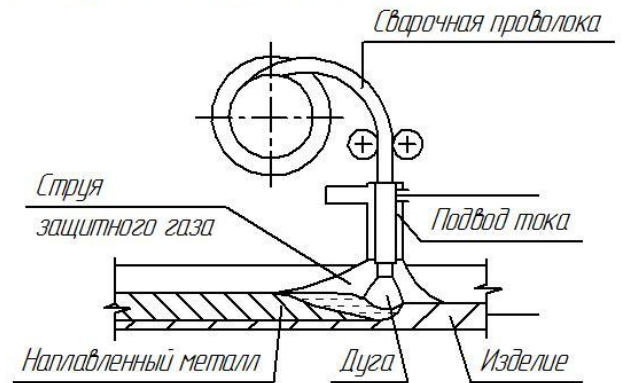
С увеличением расхода транспортирующего газа растут потери порошка вследствие повышения начальной скорости частиц и ухудшения условий их нагрева в дуге. При этом, как показывает опыт, не все частицы порошка, движущиеся по периферии столба дуги, попадают в сварочную ванну. Те из них, которые попадают на наплавляемую поверхность впереди или сбоку сварочной ванны, в результате упругого отскока от этой поверхности безвозвратно теряются. Оптимальным считается расход

транспортирующего газа в пределах 6...9 л/мин, при котором потери порошка не превышают 5...8 %.

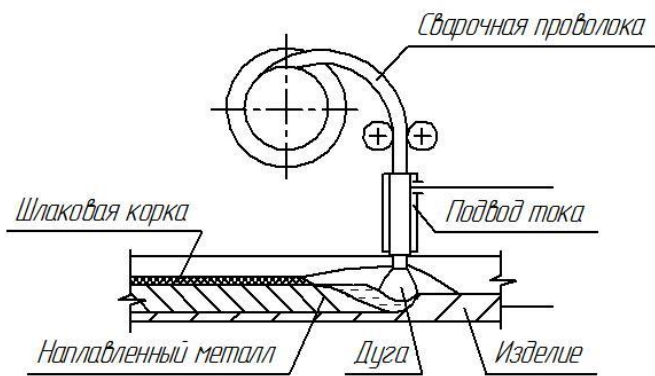
1. Ручная дуговая наплавка покрытыми электродами



2. Автоматическая наплавка в защитных газах проволокой сплошного сечения



3. Автоматическая наплавка порошковыми самозащитными проволоками



4. Плазменно-порошковая наплавка

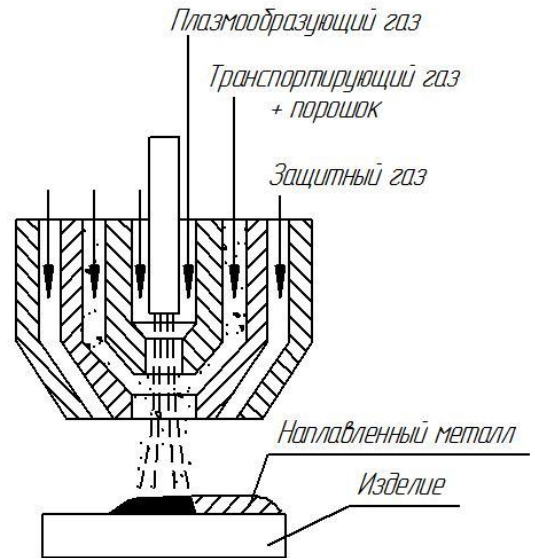


Рисунок 2.1 – Рассмотренные варианты восстановления деталей машин

2.2 Описание установки для плазменного напыления

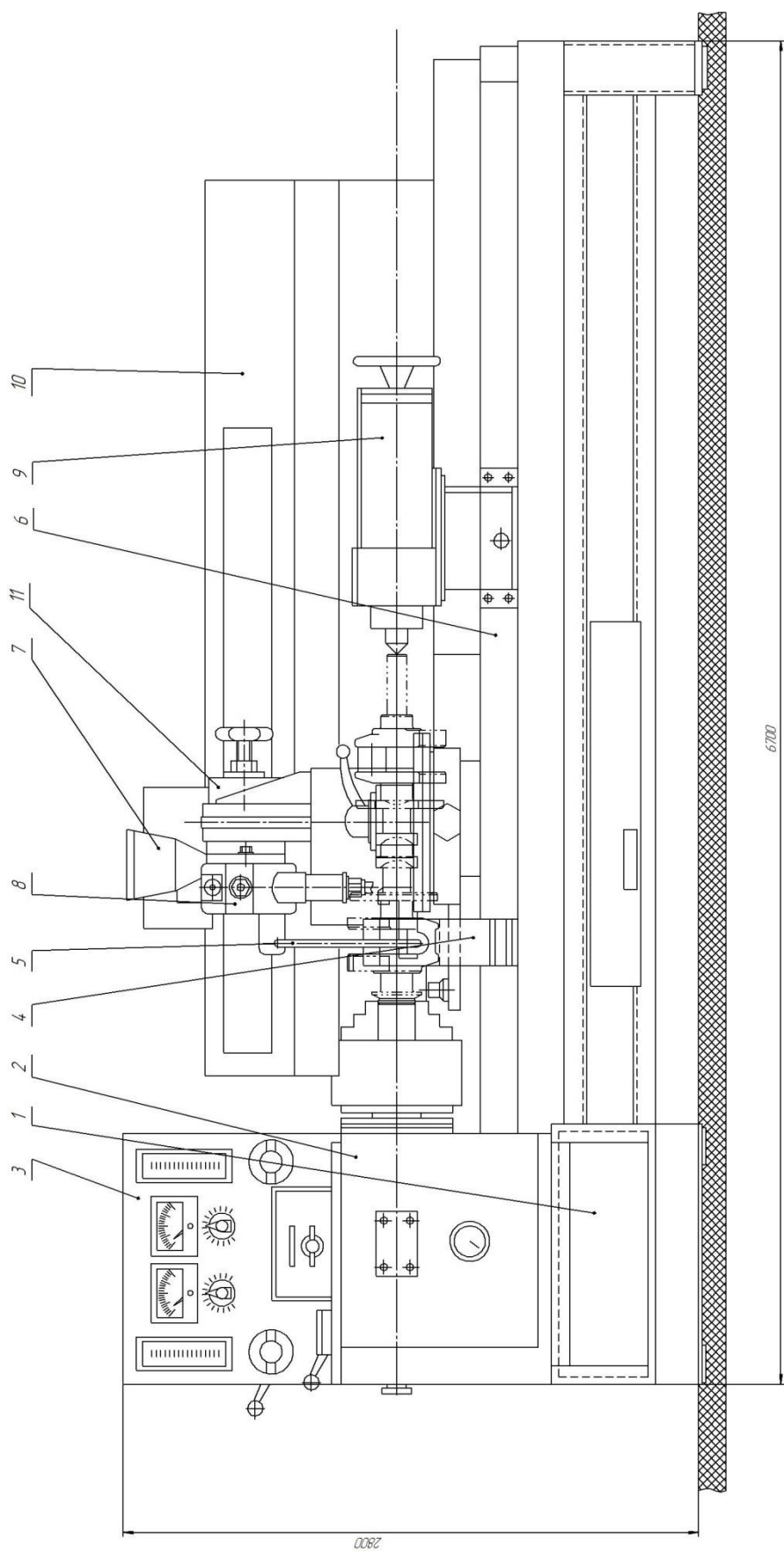
Установка для плазменного напыления (рис. 2.2) скомпонована из следующих основных узлов: станины 1; вращателя 2; пульта управления 3; суппорта 4; пиноли 5; горелки для наплавки 6; бункера для порошка 7; привода 8; задней бабки 9; защитного экрана 10; приспособления установочного 11.

С целью экономии капитальных затрат при внедрении проектной технологии в производство, экономии производственной площади и для повышения коэффициента загрузки оборудования предполагается отказаться от приобретения отдельного манипулятора детали. Роль манипулятора детали будет возложена на токарный станок А364.

Крепление плазматрона в суппорте станка осуществляется при помощи оснастки (рис. 2.3). Предлагаемая оснастка выполнена на основе П-образной пластины, которая закрепляется в суппорте станка. К поперечине пластины закрепляется стойка 1, имеющая подвижно закреплённую муфту 4, снабжённую ходовым винтом. К муфте закреплена планка 3, на которой при помощи двух винтов крепят плазматрон.

Параметры технической характеристики установки:

Максимальный диаметр изделия, мм	- 800
Максимальная длина изделия, мм	- 3200
Частота оборотов шпинделя, мин ⁻¹	- 12,5...2000
Длина, мм	- 6700
Ширина, мм	- 840
Высота, мм	- 2840
Масса, кг	- 2300



1- Станина; 2- Вращатель; 3 - Пульт управления; 4- Суппорт; 5- Пиноль; 6 - Сварочный пистолет;
 7 - Бункер для порошка; 8 - Привод; 9 - Задняя бабка; 10 - Защитный экран; 11 - Приспособление
 установочное

Рисунок 2.2 – Установка для плазменного напыления

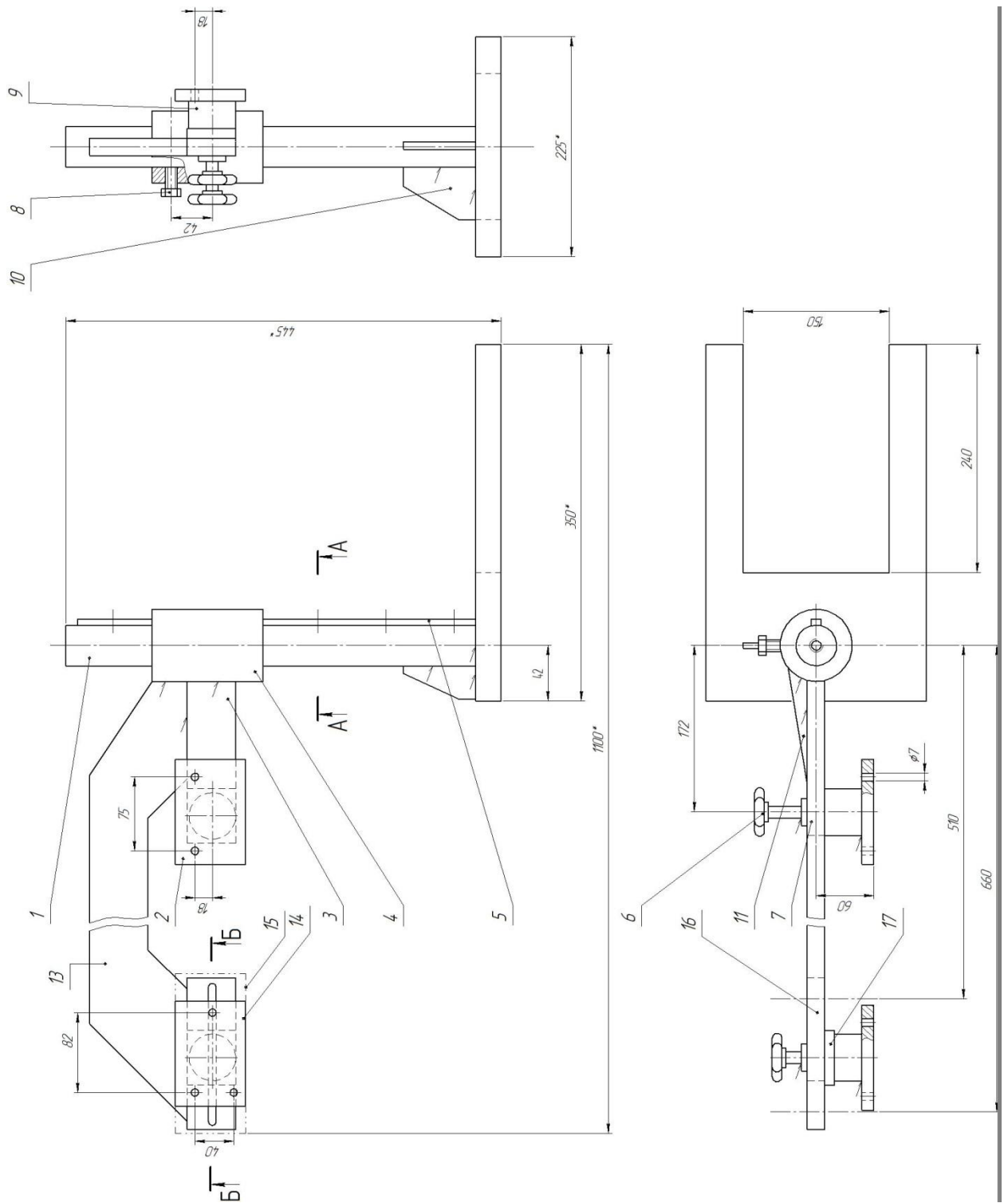


Рисунок 2.3 – Приспособление для крепления плазматрона

2.3 Выбор порошка для плазменного напыления

Для составления проектной технологии плазменного напыления вала следует рассмотреть наиболее распространенные порошки и произвести анализ их свойств.

В ряде случаев для напыления могут применяться порошки меди – ПМС-В, ПМС-Ву. Достоинствами их является высокие антифрикционные характеристики, пластичность покрытия, низкая стоимость порошка. Недостатком таких порошков является низкая прочность, жаростойкость и жаропрочность покрытия.

Возможно применение для плазменного напыления молибдена – порошки марки ПНЭ1, ПНЭ2. Покрытия, полученные с использованием этих порошков, обладают высокой прочностью и твердостью, имеют высокую жаростойкость и жаропрочность, хорошо сопротивляются абразивному изнашиванию. Недостатком является высокая стоимость порошка, и высокая твердость покрытия, также при напылении наблюдается высокий расход порошка.

Возможно выполнение напыления порошком никеля марки ПНК2К8 или ПНК2К9. Данные порошки позволяют обеспечить хорошую адгезию покрытия к основе.

Применяют также и порошки титана, например ПТС. При использовании такого порошка покрытие будет характеризоваться высокой прочностью и пластичностью. Однако большая разница коэффициента термического расширения основы и покрытия при напылении на рассматриваемое изделие может привести к отслоению покрытия.

Возможно напыление с использованием порошков хрома марки ПХ1, ПХ2. При напылении такими порошками достигается высокая прочность и твердость покрытия, хорошо сопротивляющееся высокотемпературному окислению. Однако, получаемые с использованием

этих порошков покрытия плохо сопротивляются ударным нагрузкам, большая разница коэффициентов термического расширения покрытия и основы может привести к отслоению.

Таким образом, применение однокомпонентных порошков в рассматриваемом случае нецелесообразно. Далее следует рассмотреть порошки сплавов.

Нихром может быть применён для напыления – порошок марки ПХ20Н80. Достоинствами применения этого порошка является высокая прочность и твердость покрытия, обладающее высокой жаростойкостью и жаропрочностью. Недостатками является большая разница коэффициентов термического расширения основы и покрытия, низкие пластические свойства покрытия, недостаточная адгезия покрытия к основе.

Возможно применением самофлюсующихся сплавов системы Ni-Cr-B-Si марок ПГ-СР2, ПГ-СР3, ПГ-СР4, СНГС-50, СНГС-55, СНГС-60, ПН70Х17С4Р4. Достоинствами этих порошков является получение покрытий в высокой адгезией к подложке, обладающих высокой прочностью, хорошей сопротивляемостью ударным нагрузкам. При нанесении этих покрытий не требуется высокой температуры напыления, покрытие обладает хорошей защитой от износа при повышенных температурах. Однако, этим порошкам присуща высокая стоимость и большая разница в коэффициентах термического расширения основы и покрытия.

Для нанесения покрытия могут применять порошки сплава Ni-Cr-Fe марки ПГ-19Н-01. Этот порошок обеспечивает получение покрытия с высокой жаростойкостью и жаропрочностью. Недостатками являются низкие пластические свойства и слабая адгезия к основе.

Порошки сплава Ni-Al марки ПН70Ю30, ПН85Ю15, дают хорошее сопротивление покрытия высоким температурам и антифрикционные

свойства. Однако покрытия, выполненные с использованием этих порошков, имеют слабое сопротивление абразивному изнашиванию.

Напыление порошками сплава Ni-Ti марок ПН55Т45 и ПН12Т88 позволяет получить прочные, пластичные покрытия, обладающие хорошими антифрикционными характеристиками. Однако получаемые с использованием этих порошков покрытия низкая жаростойкость и большая разница коэффициентов термического расширения с основой.

Сталь хромистая, порошок П2Х13, обеспечивает близкий КТР с основой, прочную связь с основой, стоимость порошка низкая. Недостатки: низкая стойкость к абразивному изнашиванию, высокий расход порошка при напылении.

При плазменном напылении возможно применение композиционных порошков. Например, никель-алюминий марки ПТ-НА-01, НА-67, ПНА-75, ПНА-80, ПНА-95. С использованием этих порошков получают прочные, твердые покрытия, имеющие хорошие антифрикционные характеристики, высокую жаростойкость и жаропрочность. Однако, покрытия из этих порошков обладают слабым сопротивлением знакопеременным нагрузкам, высокой твердостью, слабой адгезией к подложке.

Применяют из композиционных порошков и никелевый сплав – алюминий, ПТ-19Н-01 например. Получают прочные, пластичные покрытия, высокая пористость покрытия, высокая жаропрочность. Пористость покрытия в нашем случае хороша тем, что задерживает смазку. Недостатки: слабое сопротивление ударным нагрузкам, большая разница в КТР, слабая адгезия к подложке.

Применяют еще для напыления механические смеси порошков, например, никелевый самофлюсующийся сплав + карбид вольфрама. Очень даже неплохой вариант: высокая стойкость к абразивному изнашиванию и

фреттинг коррозии, высокая твердость и пористость покрытия, хорошая связь между слоями в покрытии, не требует высокой температуры при напылении. Недостатки: слабое сопротивление ударным нагрузкам, слабое сопротивление при высоких температурах, высокая стоимость порошка.

По результатам проведенного анализа, предлагаем следующий вариант технологии: напыление в качестве подслоя порошка ПТ-НА-01. Затем послойное напыление сплава никель-алюминий и самофлюсующегося сплава Ni-Cr-B-Si. Самофлюсующиеся сплавы позволят обеспечить хорошую связь между слоями и сопротивление ударным нагрузкам. Сплав никель-алюминий позволяет получить хорошие антифрикционные свойства покрытия. После нанесения каждого слоя следует выполнять дробеструйную обработку, которая улучшит сцепление слоев.

2.4 Технология нанесения покрытия

Доставку деталей участок для восстановления выполняют внутрицеховыми транспортными средствами, используя оборотную тару. Складирование деталей на участке восстановления осуществляют на стеллаже. Первой операцией является очистка деталей от загрязнений.

Очистка деталей от загрязнений является наиболее характерной и специфической операцией при ремонте деталей машин. Качество выполнения этой операции определяет производительность ремонтных работ, качество восстановления, долговечность и надежность отремонтированных машин. Очистка деталей задаёт общий уровень культуры ремонтного производства и его внешний вид.

Очистка вала перед наплавкой выполняется с использованием щелочного состава, препарата МЛ-51 или МЛ-52, приготовленных в виде водного раствора и имеющих концентрацию 10...30 г/литр, температура моющего состава 75...80 °С.

Продолжительность очистки деталей составляет 30...40 минут. После мойки корзину извлекают, ополаскивают детали, и перемещают корзину с деталями на рабочее место дефектовщика.

Дефектовщик производит осмотр деталей, выявляя дефекты, измеряет величину износа при помощи микрометра. После этого передают детали на стол для выполнения подготовительных работ.

Обжиг масла в маслоканалах осуществляют в электропечи. Температуру обжига задают 400°С, время отжига – 20 минут. После отжига выполняют прочистку маслоканалов, раззенковывают отверстия, и заклепывают их асбестовыми пробками.

В отличие от базовой технологии вводится операция дробеструйной обработки, для улучшения адгезии напыляемого слоя.

После чего, коленвал закрепляется в токарном станке и производится напыление подслоя, $I=315A$, $U=65 В$, расход газа $N=0,5$ л/час, $Ar=1,5$ л/час, расход материала 0,55...0,62 г/см, температура плазмы 14000...16000 С, фракция порошка 60 мкм.

Затем напыляют основной слой в несколько этапов. Напыляют 1 слой смесью порошков ПН85Ю15М-95%+ X17CP1-5% при силе тока $I=350A$, напряжении $U=70В$. Расход газа при этом $N=0,5$ л/час, $Ar=1,5$ л/час, температура плазмы 14000...18000 С, фракция порошка 60 мкм. Затем, при тех же режимах наносят 2 слой состава ПН85Ю15М-90%+ X17CP1-10%. 3 при тех же режимах состава ПН85Ю15М-85%+ X17CP1-15%. 4 слой при тех же режимах состава ПН85Ю15М-80%+ X17CP1-20%. 5 слой: ПН85Ю15М-75%+X17CP1-25%. Нанесение слоев поочередное, после каждого слоя производят дробеструйную обработку.

Дальнейшие операции без изменений переходят из базового технологического процесса. Это удаление пробок, зенковка отверстий, шлифовка и контроль.

3 Безопасность и экологичность

технического объекта

3.1 Технологическая характеристика объекта

Участок, на котором выполняют восстановление валов, содержит следующие оборудования: установка плазменного напыления, печь для отжига, источник питания, вспомогательное оборудование подготовки изделий.

Технологии восстановления деталей и нанесения покрытий представляют собой источник опасных и вредных производственных факторов. Это в свою очередь приводит к дополнительному усложнению и повышению стоимости технологического оборудования. В связи с этим актуальными являются работы в области изучения взаимосвязи особенностей плазменной технологии с выделениями сварочного аэрозоля и другими вредными факторами.

Влияние процесса плазменного напыления на гигиенические характеристики изучено в недостаточной мере. В экологическом разделе настоящей выпускной квалификационной работы будет выполнена сравнительная гигиеническая оценка технологии плазменного напыления и предложены меры по защите персонала от возникающих опасных и вредных факторов, сопровождающих проектную технологию.

Плазменное напыление обладает высокой производительностью, она очень востребована в промышленности и позволяет не только восстановить работоспособность деталей машин, но и повысить их эксплуатационные характеристики. Тем не менее, актуальными остаются вопросы улучшения её санитарно-гигиенических характеристик.

Таблица 3.1 - Технологический паспорт объекта

Операция, осуществляемая в рамках рассматриваемого технологического процесса	Должность работника, выполняющего данную операцию рассматриваемого технологического процесса	Оборудование, устройства и приспособления, которые будут применены при реализации данной операции рассматриваемого технологического процесса	Вещества и материалы, которые будут применены при реализации данной операции рассматриваемого технологического процесса
1. Подготовительная	Инженер - дефектоскопист, слесарь-сборщик	Печь термообработки, ванна моющего раствора, сверлильный станок, пневмопистолет	Щелочной раствор, вода техническая, воздух сжатый
2. Напыление	Электросварщик на автоматических и полуавтоматических машинах	Установка плазменной наплавки, источник питания	Порошки для плазменного напыления, азот, аргон
3. Механическая обработка	Токарь-фрезеровщик	Станок шлифовальный, станок сверлильный	СОЖ
4. Выходной контроль	Инженер - дефектоскопист	Лупа, микрометр, призма, индикатор	-
5. Пропитка в масле	Инженер - дефектоскопист	Ванна масляная	Масло М63Г

3.2 Персональные риски, возникающие при реализации технологического процесса

Таблица 3.2 –Профессиональные риски, возникающие при реализации технологического процесса

Операция в рамках рассматриваемого технологического процесса	Формулировка опасных и вредных производственных факторов, возникающих в процессе выполнения данной операции при реализации технологического процесса	Источник рассматриваемого фактора, возникающего в процессе выполнения данной операции при реализации технологического процесса
1	2	3
1. Подготовительная	<ul style="list-style-type: none"> - наличие на внешних поверхностях применяемого оборудования, приспособлений и инструмента острых кромок, заусенцев; - перемещающиеся в процессе выполнения подготовительной операции детали и узлы применяемого оборудования, приспособлений; - опасность замыкания на тело рабочего высокого напряжения, питающего производственное оборудование; - повышенная запылённость и загазованность воздуха рабочей зоны; - нагрев внешних поверхностей применяемого на операции оборудования, приспособлений, инструмента, деталей до высоких температур 	Печь термообработки, ванна моющего раствора, сверлильный станок
2. Напыление	<ul style="list-style-type: none"> - наличие на внешних поверхностях применяемого оборудования, приспособлений и инструмента острых кромок, заусенцев; - перемещающиеся в процессе выполнения подготовительной операции детали и узлы применяемого оборудования, приспособлений; - опасность замыкания на тело рабочего высокого напряжения, питающего производственное оборудование; - повышенная запылённость и загазованность воздуха рабочей зоны; - нагрев внешних поверхностей применяемого на операции оборудования, приспособлений, инструмента, деталей до высоких температур 	Установка плазменной наплавки, источник питания

Продолжение таблицы 3.2

1	2	3
3. Механическая обработка	- наличие на внешних поверхностях применяемого оборудования, приспособлений и инструмента острых кромок, заусенцев; - перемещающиеся в процессе выполнения подготовительной операции детали и узлы применяемого оборудования, приспособлений; - опасность замыкания на тело рабочего высокого напряжения, питающего производственное оборудование	Станок шлифовальный, станок сверлильный
4. Выходной контроль	- наличие на внешних поверхностях применяемого оборудования, приспособлений и инструмента острых кромок, заусенцев	Лупа, микрометр, призма, индикатор
5. Пропитка в масле	- наличие на внешних поверхностях применяемого оборудования, приспособлений и инструмента острых кромок, заусенцев	Ванна масляная

3.3 Разработанные технические и организационные предложения по уменьшению выявленных при анализе проектной технологии профессиональных рисков

Таблица 3.3 – Предложения по защите от вредных факторов производственного персонала

1	2	3
Перечень опасных и вредных производственных факторов, возникающих в процессе выполнения данной операции при реализации технологического процесса	Разработанные технические и организационные предложения, обеспечивающие минимальное действие вредного фактора на производственный персонал	Предлагаемые защитные средства для снижения действия вредного фактора на производственный персонал
1. Наличие на внешних поверхностях применяемого оборудования, приспособлений и инструмента острых кромок, заусенцев;	Инструктаж производственного персонала	Защитные перчатки, защитная одежда.

Продолжение таблицы 3.3

1	2	3
2. Перемещающиеся в процессе выполнения сборочной операции детали и узлы применяемого оборудования, приспособлений;	Ограждения перемещающихся деталей и узлов и их предохраняющая окраска, предупреждающие плакаты.	-
3. Нагрев внешних поверхностей применяемого на операции оборудования, приспособлений, инструмента, деталей до высоких температур	Инструктаж производственного персонала	Защитные перчатки, защитная одежда.
4. Опасность замыкания на тело рабочего высокого напряжения, питающего производственное оборудование;	Устройство и периодический контроль заземления электрических машин и изоляции	-
5. Ультрафиолетовое излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений;	Осуществление экранирования зоны сварки с использованием щитов	Защитные перчатки и одежда, защитная маска.
6. Инфракрасное излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений уровня инфракрасной радиации	Экранирование зоны сварочных работ	Защитные перчатки и одежда, защитная маска.
7. Ультразвуковое излучение в рабочей зоне сверх значений безопасных для здоровья.	Предупреждающие плакаты, обеспечение безопасного расстояния от источника излучения до оператора и безопасного времени пребывания в оператора в зоне излучения	-
8. Повышенная запылённость и загазованность воздуха рабочей зоны;	Инструктаж производственного персонала	Местная и общеобменная вытяжная вентиляция

3.4 Разработанные технические и организационные предложения по обеспечению пожарной безопасности на участке сварки

Таблица 3.4 – Предложения технического характера по обеспечению пожарной безопасности на участке сварки

Средства для тушения возгораний в начальной стадии	Перечень мобильных средств для проведения тушения возгораний	Перечень стационарных систем пожаротушения	Системы пожарной автоматика для проведения тушения возгорания	Пожарное оборудование на участке сварки	Средства индивидуальной защиты и спасения производственного персонала	Установленный на участке инструмент для ликвидации возгораний	Системы связи и оповещения на участке сварки
Ящики с песком, кошма, огнетушитель ОП-5	Специализированные автомобили (вызываются)	Нет	Нет	-	План эвакуации,	Ведро, лопата, багор, топор	Тревожная кнопка

Таблица 3.5 – Анализ опасных факторов возможного пожара участка сварки

Участок, подразделение	Производственное оборудование участка	Возможный класс пожара	Опасные факторы пожара	Дополнительные проявления факторов пожара
Участок, на котором осуществляется плазменное напыление	Установка плазменного напыления, печь для отжига, источник питания, вспомогательное оборудование подготовки изделий	пожары, которые происходят за счет воспламенения и горения веществ и материалов на электроустановках, запитанных электрическим напряжением (Е)	Резкое повышение температуры на участке и вокруг него; выделение при горении токсичных продуктов и угарного газа; выделение аэрозолей, снижающих видимость на участке и вокруг него.	Короткие замыкания на оборудовании, запитанном высоким электрическим напряжением; действие на людей, находящихся в районе возгорания продуктов разложения составов, используемых для пожаротушения.

Таблица 3.6 – Разработанные организационные мероприятия для исключения возгораний на участке сварки

Перечень операций, осуществляемых в рамках разработанного технологического процесса	Наименование мероприятий	Наименование противопожарного оборудования, которым должен быть укомплектован участок
Подготовительная операция, термическая обработка, операции напыления, механическая обработка контрольные операции.	Обучение производственного персонала правилам Пожарной безопасности, размещение на территории производственного участка наглядной агитации по обеспечению пожарной безопасности. Обучение производственного персонала действиям в случае возгорания на производственном участке в режиме учений.	Необходимо следить за наличием на участке средств, предназначенных для тушения пожара в начальной стадии, исправностью тревожной кнопки системы оповещения о пожаре.

3.5 Оценка безопасности для природной среды предлагаемых технических решений

Таблица 3.7 – Анализ негативно влияющих на природную среду факторов предлагаемых технических решений

Анализируемый технологический процесс	Операции, осуществляемые в рамках анализируемого технологического процесса	Факторы, негативно влияющие на атмосферу	Факторы, негативно влияющие на гидросферу	Факторы, негативно влияющие на литосферу
Ремонтное	Подготовительная	Выделяемые	Химикаты,	Упаковочный

напыление плазменными технологиями	я операция, термическая обработка, операция наплавки, контрольные операции	в процессе горения плазменной дуги аэрозоли, частицы сажи и газообразны е частицы	используемые в процессе проявления рентгеновско й пленки и закрепления полученного изображения.	материал от присадочных материалов, мусор – бытовой и производственный .
--	--	---	--	---

Таблица 3.8 – Предлагаемые организационно-технические мероприятия, по уменьшению негативно влияющих на природную среду факторов предлагаемых технических решений

Рассматриваемый технический объект в рамках проектной технологии	Ремонтное напыление металлических конструкций
Мероприятия, уменьшающие негативное влияние на литосферу	На участке следует установить контейнеры, обеспечивающие селективный сбор мусора бытового и мусора производственного. Кроме того, отдельный контейнер необходим для сбора металлолома. Производственный персонал следует подробно проинструктировать по правилам сбора мусора и металлолома. На контейнерах должны быть вывешены таблички, разъясняющие их предназначение. .

3.6 Заключение разделу

При выполнении экологического раздела настоящей выпускной квалификационной работы сформулированы опасные и вредные производственные факторы, возникающие в процессе выполнения операций при реализации технологического процесса. Выполнен поиск и анализ мероприятий, которые позволят устранить и уменьшить опасные и вредные производственные факторы. В ходе выполнения экологического раздела удалось установить, что возникающие в процессе реализации технологии

плазменной наплавки, опасные и вредные факторы устраняются или уменьшаются до приемлемого уровня путём применения стандартных средств по обеспечению безопасности и санитарии производства. Применительно к рассматриваемой технологии нет необходимости в разработке дополнительных средств и методик по защите персонала и окружающей среды. При внедрении проектной технологии возможно возникновение угроз экологической безопасности. Устранение этих угроз произойдёт при условии соблюдения технологического регламента и производственной санитарии.

4 Экономическая эффективность выпускной квалификационной работы

4.1 Исходные данные для выполнения расчетов

Выпускная квалификационная работа посвящена разработке технологических мероприятий по повышению производительности и качества восстановления валов двигателя внутреннего сгорания. Выполнение операций базового технологического процесса предусматривает применение наплавки порошковой проволокой. Это вызывает возникновение дефектов и снижает производительность восстановительных работ. Проектный вариант технологии предусматривает применение плазменной технологии напыления. Предложенные технологические решения позволят уменьшить трудоемкость выполнения сварочных работ, достичь повышения стабильности качества соединений.

В таблице 4.1 собраны и систематизированы коэффициенты, и иные данные, которые могут понадобиться при выполнении расчетов.

Таблица 4.1 – Исходные данные для выполнения расчетов

Наименование и сущность экономического показателя	Принятое в расчётах условное обозначение для показателя	Единица измерения рассматриваемого экономического показателя	Величина рассматриваемого показателя в соответствии с вариантом технологического процесса	
			Базовая	Проектная
1	2	3	4	5
Принятое число рабочих смен	Ксм	-	1	1
Значение нормы амортизационных отчислений применительно к рассматриваемому в соответствующей технологии оборудованию	На	%	21,5	21,5
Разряд сварщика	Р.р.		V	V
Значение часовой тарифной ставки	Сч	Р/час	250	250

Продолжение таблицы 4.1

1	2	3	4	5
Величина коэффициента, определяющего долю отчислений на формирование дополнительной заработной платы	Кдоп	%	12	12
Величина коэффициента, определяющего долю доплат к основной заработной плате	Кд		1,88	1,88
Величина коэффициента, определяющего долю отчислений на обеспечение социальных нужд	Ксн	%	30	30
Величина коэффициента, определяющего долю затрат на амортизационные отчисления на площади	На.пл.	%	5	5
Принятое значение стоимости эксплуатации производственных площадей	Сзксп	(Р/м ²)/год	2000	2000
Цена приобретения производственных площадей	Цпл	Р/м ²	30000	30000
Суммарная площадь, занимаемая оборудованием для обеспечения соответствующей технологии	S	м ²	50	50
Величина коэффициента, определяющего долю транспортно-заготовительных расходов	Кт -з	%	5	5
Величина коэффициента, определяющего долю затрат на осуществление монтажа и демонтажа оборудования	Кмонт Кдем	%	3	5
Величина рыночной стоимости технологического оборудования для обеспечения соответствующей технологии:	Цоб	Руб.	1500 тыс.	2000 тыс.
Величина коэффициента, определяющего долю затрат на дополнительную производственную площадь	Кпл	-	3	3
Задаваемое значение потребляемой мощности технологического оборудования	Муст	кВт	12	40
Принятое значение стоимость электрической энергии для обеспечения соответствующей технологии	Цэ-э	Р/ кВт	3,4	3,4

Продолжение таблицы 4.1

1	2	3	4	5
Величина коэффициента, определяющего временные затраты на выполнение нормы	Квн	-	1,1	1,1
Величина коэффициента полезного действия	КПД	-	0,7	0,7
Величина коэффициента, определяющего эффективность капитальных вложений	Ен	-	0,33	0,33
Величина коэффициента, определяющего долю цеховых расходов	Кцех	-	1,5	1,5
Величина коэффициента, определяющего долю заводских расходов	Кзав	-	1,15	1,15
Время машинное	$t_{\text{МАШ}}$	час	0,35	0,18
Производительность наплавки	Пр	кг/ч	1,8	7
Цена применяемых сварочных материалов: - порошковая проволока - порошок - аргона	Ц	руб/кг руб/кг руб/литр	3000 - -	- 2500 30

4.2 Расчёт фонда времени

Значение годового фонда времени, в течение которого происходит работа рассматриваемого а базовой и проектной технологии оборудования, вычисляем согласно формуле:

$$F_H = (D_p \cdot T_{\text{см}} - D_{\text{п}} \cdot T_{\text{п}}) \cdot C, \quad (4.1)$$

где $T_{\text{см}}$ – продолжительность в часах рабочей смены;

D_p – суммарное для одного года число рабочих дней;

$D_{\text{п}}$ – суммарное для одного гола число предпраздничных дней;

$T_{\text{п}}$ – предполагаемые потери рабочего в часах времени от предпраздничных дней;

C – принятое число рабочих смен.

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.1) результаты вычисления:

$$F_H = (277 \cdot 8 - 7 \cdot 1) \cdot 1 = 2209 \text{ ч.}$$

Значение эффективного фонда времени, в течение которого происходит работа оборудования по базовому и проектному вариантам технологии вычисляем согласно формуле:

$$F_3 = F_H \cdot \left(1 - \frac{B}{100}\right), \quad (4.2)$$

где B – величина плановых потерь рабочего времени.

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.2) результаты вычисления:

$$F_3 = 2209 \cdot \left(1 - \frac{7}{100}\right) = 2054 \text{ ч.}$$

4.3 Расчет нормы штучного времени на изменяющиеся операции технологического процесса

Определение временных затрат, требуемых для выполнения операций технологического процесса по базовому и проектному варианту технологий выполняем согласно формуле:

$$t_{\text{шт}} = t_{\text{МАШ}} + t_{\text{ВСП}} + t_{\text{ОБСЛ}} + t_{\text{ОТЛ}} + t_{\text{П-З}}, \quad (4.3)$$

где $t_{\text{шт}}$ – общий объём времени, затрачиваемого работающим персоналом на операции базовой и проектной технологии;

$t_{\text{МАШ}}$ – объём времени, затрачиваемого рабочим персоналом основные технологические операции базовой и проектной технологии;

$t_{\text{ВСП}}$ – объём времени, затрачиваемого рабочим персоналом на подготовительные операции по базовой и проектной технологии, составляющие 10% от $t_{\text{МАШ}}$;

$t_{\text{ОБСЛ}}$ – объём времени, затрачиваемы рабочим персоналом на проведение обслуживания, текущего и мелкого ремонта оборудования, составляющие 5% $t_{\text{МАШ}}$;

$t_{\text{ОТЛ}}$ – объём времени, затрачиваемого рабочим персоналом на выполнение потребностей в личном отдыхе, составляющий 5% $t_{\text{МАШ}}$;

$t_{\text{П-З}}$ – объём времени, затрачиваемого рабочим персоналом на выполнение подготовительно – заключительных операций, составляющий 1% $t_{\text{МАШ}}$.

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.3) результаты вычисления:

$$t_{\text{шт.баз}} = 0,35 \cdot (100\% + 10\% + 5\% + 5\% + 1\%) = 0,42 \text{ ч.}$$

$$t_{\text{шт.проектн.}} = 0,18 \cdot (100\% + 10\% + 5\% + 5\% + 1\%) = 0,22 \text{ ч.}$$

Размер годовой программы проводимого объема работ вычисляем согласно формуле:

$$P_{\Gamma} = \frac{F_{\text{Э}}}{t_{\text{шт}}} \quad (4.4)$$

где $F_{\text{Э}}$ – значение эффективного фонда времени оборудования, принимаемого для реализации проектной и базовой технологии;

$t_{\text{шт}}$ – штучное время, затрачиваемое на выполнение одного стыка;

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.4)

результаты вычисления:

$$P_{\Gamma.\text{баз.}} = 2054/0,42 = 4890 \text{ изд./ год;}$$

$$P_{\Gamma.\text{проектн.}} = 2054/0,22 = 9336 \text{ изд./ год.}$$

Выполнение дальнейшего экономического расчёта будем вести исходя из принятого значения $P_{\Gamma} = 1000$ изделий за год.

Необходимое количество оборудования для реализации проектного и базового технологического процесса вычисляем согласно формуле:

$$n_{РАСЧ} = \frac{t_{шт} \cdot Пг}{F_{\text{Э}} \cdot K_{ВН}} \quad (4.5)$$

где $t_{шт}$ – штучное время, затрачиваемое на выполнение одного стыка;

$Пг$ – принятая годовая программа;

$F_{\text{Э}}$ – значение эффективного фонда времени оборудования, принимаемого для реализации проектной и базовой технологии;

$K_{ВН}$ – значение коэффициента, определяющего временные затраты на выполнение нормы.

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.5) результаты вычисления:

$$n_{РАСЧБ} = \frac{0,42 \cdot 1000}{2054 \cdot 1,1} = 0,19$$

$$n_{РАСЧП} = \frac{0,22 \cdot 1000}{2054 \cdot 1,1} = 0,1$$

По результатам проведённых расчётов следует принять по одной единице технологического оборудования при реализации базовой технологии и проектной технологии.

Значение коэффициента загрузки оборудования вычисляем согласно формуле:

$$Kз = n_{расч}/n_{пр} \quad (4.6)$$

где $n_{расч}$ – рассчитанное по (4.5) количество оборудования;

$n_{пр}$ – принятое количество оборудования.

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.6) результаты вычисления:

$$Kзб = 0,19/1 = 0,19$$

$$Kзп = 0,1/1 = 0,1$$

4.4 Расчет заводской себестоимости базового и проектного вариантов технологии

Размер затрат на материалы, которые требуются для реализации базовой и проектной технологии, вычисляем согласно формуле:

$$M = C_M \cdot H_p \cdot K_{Т-З}, \quad (4.7)$$

где C_M – рыночная стоимость соответствующего сварочного материала;

$K_{Т-З}$ – величина коэффициента, определяющего долю транспортно-заготовительных расходов.

$$M_{\text{баз.}} = 3000 \cdot 0,08 \cdot 1,05 = 252,00 \text{ рублей}$$

$$M_{\text{проектн.}} = 2500 \cdot 0,1 \cdot 1,05 + 30 \cdot 0,3 \cdot 9 \cdot 1,05 = 262,5 + 85,05 = 347,55 \text{ рублей}$$

Размер фонда заработной платы (ФЗП) является суммой основной зарплаты и дополнительной зарплаты. Размер основной зарплаты вычисляем согласно формуле:

$$З_{\text{осн}} = t_{\text{шт}} \cdot C_{\text{ч}} \cdot K_{\text{д}} \quad (4.8)$$

где $C_{\text{ч}}$ – принятая тарифная ставка;

$K_{\text{д}}$ – величина коэффициента, определяющего долю доплат к основной заработной плате.

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.8) результаты вычисления:

$$З_{\text{осн.баз.}} = 0,42 \cdot 250 \cdot 1,88 = 197,40 \text{ руб.}$$

$$З_{\text{осн.проектн.}} = 0,22 \cdot 250 \cdot 1,88 = 103,40 \text{ руб.}$$

Размер дополнительной заработной платы вычисляем согласно формуле:

$$З_{\text{доп}} = \frac{K_{\text{доп}}}{100} \cdot З_{\text{осн}} \quad (4.9)$$

где $K_{доп}$ – величина коэффициента, определяющего долю отчислений на дополнительную заработную плату

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.9) результаты вычисления:

$$\begin{aligned}Z_{доп.базов.} &= 197,40 \cdot 12 / 100 = 23,70 \text{ руб.}; \\Z_{доп.проектн.} &= 103,40 \cdot 12 / 100 = 12,41 \text{ руб.}; \\ФЗП_{базов.} &= 197,40 + 23,70 = 221,10 \text{ руб.}; \\ФЗП_{проектн.} &= 103,40 + 12,41 = 115,81 \text{ руб.}\end{aligned}$$

Размер отчислений на социальные нужды вычисляем согласно формуле:

$$О_{сн} = ФЗП \cdot K_{сн} / 100, \quad (4.10)$$

где $K_{сн}$ – величина коэффициента, определяющего долю затрат на обеспечение социальных нужд.

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.10) результаты вычисления:

$$\begin{aligned}О_{ссбаз.} &= 221,10 \cdot 30 / 100 = 75,17 \text{ руб.} \\О_{сспроектн.} &= 115,81 \cdot 30 / 100 = 39,38 \text{ руб.}\end{aligned}$$

Размер затрат на содержание и эксплуатацию технологического оборудования вычисляем согласно формуле:

$$Z_{об} = A_{об} + P_{э-э}, \quad (4.11)$$

где $A_{об}$ – амортизация оборудования;

$P_{э-э}$ – размер затрат на электрическую энергию;

Размер амортизации оборудования вычисляем согласно формуле:

$$A_{об} = \frac{Ц_{об} \cdot N_a \cdot t_{МАШ}}{F_э \cdot 100} \quad (4.12)$$

где $Ц_{об}$ – рыночная стоимость оборудования для реализации проектной и базовой технологии;

На – норма амортизации технологического оборудования для реализации проектной и базовой технологии.

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.12) результаты вычисления:

$$A_{об.б} = \frac{1500000 \cdot 21,5 \cdot 0,42}{2054 \cdot 100} = 65,94 \text{ рублей}$$

$$A_{об.пр} = \frac{2000000 \cdot 21,5 \cdot 0,22}{2054 \cdot 100} = 46,06 \text{ рублей}$$

Размер расходов на электроэнергию вычисляем согласно формуле:

$$P_{э-э} = \frac{M_{уст} \cdot t_{маш} \cdot Ц_{э-э}}{КПД} \quad (4.13)$$

где $M_{уст}$ – мощность оборудования для реализации проектной и базовой технологии;

$Ц_{э-э}$ – стоимость электрической энергии при реализации проектной и базовой технологии;

КПД – значение коэффициента полезного действия оборудования для реализации проектной и базовой технологии.

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.13) результаты вычисления:

$$P_{эБ} = \frac{12 \cdot 3,4 \cdot 0,42 \cdot 1}{0,7} = 24,48 \text{ рублей}$$

$$P_{эПР} = \frac{40 \cdot 3,4 \cdot 0,22 \cdot 1}{0,8} = 37,40 \text{ рублей}$$

$$Зоб_{баз.} = 65,94 + 24,48 = 90,42 \text{ руб.}$$

$$Зоб_{проектн.} = 46,06 + 37,40 = 83,10 \text{ руб.}$$

Размер затраты на содержание и эксплуатацию площадей вычисляем согласно формуле:

$$З_{пл} = P_{пл} + A_{пл}, \quad (4.14)$$

где $P_{пл}$ – размер расходов на эксплуатацию и содержание площадей;

$A_{\text{ПЛ}}$ – амортизация площадей.

Размер расходов на содержание площадей вычисляем согласно формуле:

$$P_{\text{ПЛ}} = \frac{C_{\text{ЭКСПЛ}} \cdot S \cdot t_{\text{ШГ}}}{F_{\text{Э}}}, \quad (4.15)$$

где $C_{\text{ЭКСПЛ}}$ – затраты на содержание площадей

S – площадь, занимаемая оборудованием.

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.15) результаты вычисления:

$$P_{\text{ПЛБ}} = \frac{2000 \cdot 50 \cdot 0,42}{2054} = 20,45$$

$$P_{\text{ПЛП}} = \frac{2000 \cdot 50 \cdot 0,22}{2054} = 10,71$$

Размер расходов на амортизацию площади вычисляем согласно формуле:

$$A_{\text{ПЛ}} = \frac{Ц_{\text{ПЛ}} \cdot N_{\text{а}} \cdot S \cdot t_{\text{ШГ}}}{F_{\text{Э}} \cdot 100}, \quad (4.16)$$

где $N_{\text{а}}$ – норма амортизации площади;

$Ц_{\text{ПЛ}}$ – стоимость приобретения площадей

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.16) результаты вычисления:

$$A_{\text{ПЛБ}} = \frac{30000 \cdot 5 \cdot 50 \cdot 0,42}{2054 \cdot 100} = 15,34$$

$$A_{\text{ПЛП}} = \frac{30000 \cdot 5 \cdot 50 \cdot 0,22}{2054 \cdot 100} = 8,03$$

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.14) результаты вычисления:

$$З_{\text{ПЛБ}} = 20,45 + 15,34 = 35,79 \text{ руб.}$$

$$З_{\text{ПЛП}} = 10,71 + 8,03 = 18,74 \text{ руб.}$$

Размер технологической себестоимости вычисляем согласно формуле:

$$C_{\text{ТЕХ}} = M + \Phi\text{ЗП} + O_{\text{сс}} + Z_{\text{об}} + Z_{\text{пл}} \quad (4.17)$$

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.17) результаты вычисления:

$$C_{\text{ТЕХБаз.}} = 252,00 + 221,10 + 75,17 + 90,42 + 35,79 = 674,48 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{ТЕХПроектн.}} = 347,55 + 115,81 + 39,38 + 83,10 + 18,74 = 604,58 \text{ руб.}$$

Размер цеховой себестоимости вычисляем согласно формуле:

$$C_{\text{ЦЕХ}} = C_{\text{ТЕХ}} + Z_{\text{осн}} \cdot K_{\text{ЦЕХ}} \quad (4.18)$$

где $K_{\text{ЦЕХ}}$ – величина коэффициента, определяющего долю цеховых расходов при реализации проектной и базовой технологии.

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.18) результаты вычисления:

$$C_{\text{ЦЕХБаз.}} = 674,48 + 1,5 \cdot 197,40 = 674,48 + 296,10 = 970,58 \text{ руб.},$$

$$C_{\text{ЦЕХПроектн.}} = 604,58 + 1,5 \cdot 103,40 = 604,58 + 155,10 = 759,68 \text{ руб.}$$

Размер заводской себестоимости вычисляем согласно формуле:

$$C_{\text{ЗАВ}} = C_{\text{ЦЕХ}} + Z_{\text{осн}} \cdot K_{\text{ЗАВ}} \quad (4.19)$$

где $K_{\text{ЗАВ}}$ – величина коэффициента, определяющего долю заводских расходов при реализации проектной и базовой технологии.

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.19) результаты вычисления:

$$C_{\text{ЗАВБаз.}} = 970,58 + 1,15 \cdot 197,40 = 970,58 + 227,01 = 1197,59 \text{ руб.},$$

$$C_{\text{ЗАВПроектн.}} = 759,68 + 1,15 \cdot 103,40 = 759,68 + 118,91 = 878,59 \text{ руб.}$$

4.5 Капитальные затраты по базовой и проектной технологиям

Размер капитальных затрат, требующихся для реализации базовой технологии, вычисляем согласно формуле:

$$K_{\text{ОБЩБ}} = K_{\text{ОББ}} = n \cdot Ц_{\text{ОБ.Б}} \cdot K_{\text{З.Б.}}, \quad (4.20)$$

где K_3 – величина коэффициента, определяющего долю загрузки технологического оборудования;

$\text{Ц}_{\text{ОБ.Б.}}$ – размер в рублях остаточной стоимости оборудования, определяемый согласно сроку службы;

n – принятое количество единиц оборудования для выполнения заданной производственной программы по базовой технологии.

$$\text{Ц}_{\text{ОБ.Б.}} = \text{Ц}_{\text{ПЕРВ.}} - (\text{Ц}_{\text{ПЕРВ.}} \cdot T_{\text{СЛ}} \cdot N_A / 100), \quad (4.21)$$

где $\text{Ц}_{\text{ПЕРВ.}}$ – рыночная стоимость в рублях приобретения технологического оборудования для реализации базовой технологии;

$T_{\text{СЛ}}$ – срок службы в годах оборудования для реализации базовой технологии на начало внедрения предлагаемых в выпускной квалификационной работе технических решений;

N_A – норма амортизации в процентах оборудования для реализации базового технологического процесса.

Таблица 4.2 – Калькуляция заводской себестоимости сварки по базовому и проектному варианту технологии

№ п/п	ПОКАЗАТЕЛИ	Услов. обозн.	Калькуляция., руб	
			Базовый	Проектн.
1	Материалы	М	252,00	347,55
2	Фонд заработной платы	ФЗП	221,10	115,81
3	Отчисления на соц. нужды	$O_{\text{СН}}$	75,17	39,38
4	Затраты на оборудование	Зоб	90,42	83,10
5	Расходы на площади	Зпл	35,79	18,74
	Себестоимость технологич.	Стех	674,48	604,58
6	Расходы цеховые	Рцех	296,10	155,10
	Себестоимость цеховая	Сцех	970,58	759,68
7	Расходы заводские	Рзав	227,01	118,91
	Себестоимость заводская	$C_{\text{ЗАВ}}$	1197,59	878,59

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.20) и в формулу (4.21) результаты вычисления:

$$Ц_{\text{ОБ.Баз.}} = 1500000 - (1500000 \cdot 3 \cdot 21,5/100) = 532500 \text{ рублей}$$

$$K_{\text{ОБЩБаз.}} = 1 \cdot 532500 \cdot 0,19 = 101175 \text{ рублей}$$

Размер общих капитальных затрат для реализации проектной технологии вычисляем согласно формуле:

$$K_{\text{ОБЩПР}} = K_{\text{ОБПР}} + K_{\text{ПЛПР}} + K_{\text{СОППР}} \quad (4.22)$$

где $K_{\text{ОБПР}}$ – принятая величина капитальных вложений в технологическое оборудование;

$K_{\text{ПЛ}}$ – принятая величина капитальных вложений в площади;

$K_{\text{СОП}}$ – принятая величина сопутствующих капитальных вложений.

$$K_{\text{ОБПР}} = Ц_{\text{ОБПР}} \cdot K_{\text{Т-З}} \cdot K_{\text{ЗПР}} \quad (4.23)$$

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.23) результаты вычисления:

$$K_{\text{ОБПР}} = 2000000 \cdot 1,05 \cdot 0,1 = 210000 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{СОП}} = K_{\text{ДЕМ}} + K_{\text{МОНТ}} \quad (4.24)$$

где $K_{\text{ДЕМ}}$ – размер затрат на демонтаж оборудования для реализации базовой технологии;

$K_{\text{МОНТ}}$ – величина коэффициента, определяющего долю расходов на монтаж оборудования.

$$K_{\text{ДЕМ}} = Ц_{\text{Б}} \cdot K_{\text{ДЕМ}} \quad (4.25)$$

где $K_{\text{ДЕМ}}$ – величина коэффициента, определяющего долю расходов на демонтаж оборудования.

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.25) результаты вычисления:

$$K_{\text{ДЕМ}} = 1 \cdot 1500000 \cdot 0,05 = 75000 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{МОНТ}} = Ц_{\text{ПР}} \cdot K_{\text{МОНТ}}, \quad (4.26)$$

где $K_{\text{МОНТ}}$ – величина коэффициента, определяющего долю затрат на монтаж оборудования для реализации проектной технологии.

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.24) и в формулу (4.26) результаты вычисления:

$$K_{\text{МОНТ}} = 2000000 \cdot 0,05 = 100000 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{СОП}} = 75000 + 100000 = 175000 \text{ руб.}$$

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.22) результаты вычисления:

$$K_{\text{ОБЩПР}} = 210000 + 175000 = 385000 \text{ руб.}$$

Размер дополнительных капитальных вложений вычисляем согласно формуле:

$$K_{\text{ДОП}} = K_{\text{ОБЩПР}} - K_{\text{ОБЩБ}} \quad (4.27)$$

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.27) результаты вычисления:

$$K_{\text{ДОП}} = 385000 - 101175 = 283825 \text{ руб.}$$

4.6 Показатели экономической эффективности проектной технологии

Снижения трудоемкости вычисляем согласно формуле:

$$\Delta t_{\text{ШТ}} = \frac{t_{\text{ШТБ}} - t_{\text{ШТПР}}}{t_{\text{ШТБ}}} \cdot 100\% \quad (4.28)$$

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.28) результаты вычисления:

$$\Delta t_{\text{ШТ}} = \frac{0,42 - 0,22}{0,42} \cdot 100\% = 48\%$$

Показатель повышения производительности труда вычисляем согласно формуле:

$$П_{\text{Т}} = \frac{100 \cdot \Delta t_{\text{ШТ}}}{100 - \Delta t_{\text{ШТ}}} \quad (4.29)$$

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.29) результаты вычисления:

$$П_T = \frac{100 \cdot 48}{100 - 48} = 92\%$$

Снижение технологической себестоимости труда вычисляем согласно формуле:

$$\Delta C_{\text{ТЕХ}} = \frac{C_{\text{ТЕХБ}} - C_{\text{ТЕХПР}}}{C_{\text{ТЕХБ}}} \cdot 100\% \quad (4.30)$$

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.30) результаты вычисления:

$$\Delta C_{\text{ТЕХ}} = \frac{674,48 - 604,58}{674,48} \cdot 100\% = 10,4\%$$

Условно-годовую экономию (ожидаемую прибыль) вычисляем согласно формуле:

$$Пр_{\text{ож.}} = Э_{\text{у.г.}} = \left(C_{\text{зав}}^{\text{б}} - C_{\text{зав}}^{\text{пр}} \right) \cdot П_{\Gamma} \quad (4.31)$$

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.31) результаты вычисления:

$$Э_{\text{у.г.}} = (1197,59 - 878,59) \cdot 1000 = 319000 \text{ руб.}$$

Срок окупаемости дополнительных капитальных вложений вычисляем согласно формуле:

$$T_{\text{ок}} = \frac{K_{\text{доп}}}{Э_{\text{у.г.}}} \quad (4.32)$$

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.32) результаты вычисления:

$$T_{\text{ок}} = \frac{283825}{319000} = 0,8$$

Годовой экономический эффект в сфере производства вычисляем согласно формуле:

$$\text{Эг} = \text{Эуг} - \text{Ен} \cdot \text{Кдоп} \quad (4.33)$$

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.33) результаты вычисления:

$$\text{Эг} = 319000 - 0,33 \cdot 283825 = 225337 \text{ руб.}$$

4.7 Заключение по экономическому разделу

Экономический раздел настоящей выпускной квалификационной работы посвящён определению основных экономических показателей, которые могут охарактеризовать проектную и базовую технологии: технологической и заводской себестоимости ремонтной сварки.

В ходе выполнения расчётов установлено, что проектная технология при внедрении в производство позволит получить положительные эффекты: уменьшить трудоемкость на 48 %, увеличить производительность труда на 92 %, уменьшить технологическую себестоимость на 10,4 %. Размер расчётной величины условно-годовой экономии составил приблизительно 0,32 млн. рублей.

Размер годового экономического эффекта, оцененный с учетом капитальных вложений в приобретаемое технологическое оборудование, составил 0,22 млн. рублей. Финансовые затраты на капитальные вложения в технологическое оборудование окупятся за 0,8 года.

Вышеизложенное позволяет сделать вывод о высокой экономической эффективности предлагаемых в выпускной квалификационной работе технологических решений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящей выпускной квалификационной работе была поставлена цель – повышение производительности и качества ремонта деталей двигателя автомобиля на примере восстановления коленчатого вала ЗИЛ-130.

Анализ современных источников научно-технической информации по вопросу восстановления и деталей машин позволил выделить следующие способы восстановления: 1) ручная дуговая наплавка; 2) механизированная наплавка в защитных газах; 3) наплавка порошковыми самозащитными проволоками; 4) плазменные технологии.

Сформулированы и решены задачи:

- 1) выполнить анализ альтернативных способов восстановления деталей машин и обосновать выбор способа восстановления рассматриваемой детали;
- 2) повысить эффективность выбранного способа восстановления за счёт применения наукоёмких технических решений;
- 3) составить проектную технологию восстановления изделия с применением предложенных ранее технических решений;
- 4) выполнить оценку безопасности и экологичности предложенных технических решений;
- 5) выполнить оценку экономической эффективности предложенных технических решений.

В ходе выполнения экологического раздела выполнен анализ экологической безопасности предлагаемых в выпускной квалификационной работе технических решений и предложены меры по защите персонала от вредных и опасных факторов, которые возникают при реализации проектной технологии. Анализ экономической эффективности предложенных решений позволил установить, что внедрение результатов выпускной квалификационной работы в производство позволит получить годовой экономический эффект в размере 0,22 млн. рублей.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Борисов, Ю.С.. Газотермические покрытия в дизелестроении и энергетике / Ю.С. Борисов, А.Я. Кулик, В.Ф. Гольник // Газотермические и вакуумные покрытия в энергетике и двигателестроении. – Киев: ИЭС им. Е.О. Патона, 1989. – С. 22–26.
2. Цымбалистая, Т.В. Применение теплозащитных покрытия для двигателей внутреннего сгорания / Т.В. Цымбалистая // Автоматическая сварка. – 2012. – № 6. – С. 38–43.
3. Жудра, А.П. Технология широкослойной наплавки крупногабаритных коленчатых валов / А.П. Жудра, С.Ю. Кривчиков // Автоматическая сварка. – 2010. – № 2. – С. 41–45.
4. Потапьевский, А.Г. Сварка сталей в защитных газах плавящимся электродом. Техника и технология будущего: монография / А.Г. Потапьевский, Ю.Н. Сараев, Д.А. Чинахов. Юргинский технологический институт. – Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2012. – 208 с.
5. Потапьевский, А.Г. Сварка в защитных газах плавящимся электродом. Часть 1. Сварка в активных газах / А.Г.Потапьевский. – Издание 2-е. недоработанное. – К.: Экотехнолопя, 2007. – 192 с.
6. Власов, А.Ф. Нагрев и плавление электродов с экзотермической смесью в покрытии / А.Ф. Власов, Н.А. Макаренко, А.М. Куций // Автоматическая сварка. – 2014. – № 6. – С. 151–154.
7. Иоффе, И.С. Влияние титанотермитной смеси, входящей в электродное покрытие, на повышение производительности сварки / И.С. Иоффе [и др.] // Сварочное производство. – 1980. – № 3. – С. 26–28.
8. Походня, И.К. Производство порошковой проволоки / И.К. Походня, В.Ф. Альтер, В.Н. Шлепаков и др. – Киев : Вища школа, 1980. – 231 с.

9. Походня, И.К. Исследования и разработки ИЭС им. Е. О. Патона в области электродуговой сварки и наплавки порошковой проволокой / И.К. Походня, В.Н. Шлепаков, С.Ю. Максимов, И.А. Рябцев // Автоматическая сварка. – 2010. – № 12. – С. 34–42.

10. Шоно, С.А. Плавкость шлаков, образующихся при износостойкой наплавке порошковой проволокой открытой дугой / С.А. Шоно // Автоматическая сварка. – 1974. – № 1. – С. 7–9.

11. Юзвенко, Ю.А. Защита металла при наплавке порошковой проволокой открытой дугой / Ю.А. Юзвенко, Г.А. Кирилук // Автоматическая сварка. – 1974. – № 3. – С. 58–60.

12. Гладкий, П.В. Плазменная наплавка / П.В. Гладкий, Е.Ф. Переpletчиков, И.А. Рябцев. – Киев: Екотехнологія, 2007. – 292 с.

13. Кривчиков, С.Ю. Повышение триботехнических характеристик наплавленных чугуновых коленчатых валов автомобилей / С.Ю. Кривчиков // Автоматическая сварка. – 2008. – № 12. – С. 40–42.

14. Максимов, С.Ю. Повышение эффективности наплавки путём применения импульсной подачи электродной проволоки / С.Ю. Максимов, И.В. Лендел // Вісник східноукраїнського національного університету ім. В. Даля. – Луганск: СНУ, 2016. – № 2. – С. 171–175.

15. Переpletчиков, Е.Ф. Плазменно-порошковая наплавка штоков энергетической арматуры / Е. Ф. Переpletчиков, И. А. Рябцев // Автоматическая сварка. – 2013. – № 4. – С. 56–58.

16. Переpletчиков, Е.Ф. Модернизация системы управления процессом плазменно-порошковой наплавки установки А1756 / Е.Ф. Переpletчиков, И.А. Рябцев, Ю.Н. Ланкин [и др.] // Автоматическая сварка. – 2014. – № 12. – С. 46–49.

17. Горина, Л.Н. Обеспечение безопасных условий труда на производстве: учебное пособие / Л. Н. Горина. – Тольятти: ТолПИ, 2000. – 68 с.

18. Краснопевцева, И.В. Экономическая часть дипломного проекта: метод. указания / И. В. Краснопевцева – Тольятти: ТГУ, 2008. – 38 с.

19. Амирджанова, И.Ю. Правила оформления выпускных квалификационных работ: учебно-методическое пособие / И.Ю. Амирджанова, Т.А. Варенцова, В.Г. Виткалов, А.Г. Егоров, В.В. Петрова – Тольятти : ТГУ, 2019. – 145 с.