

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 Технологический процесс восстановления и упрочнения карданного вала легкового автомобиля

Студент	<u>Р.Т. Ниязов</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
Руководитель	<u>К.В. Моторин</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
Консультанты	<u>А.Г. Егоров</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
	<u>Н.В. Зубкова</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

Вилка скольжения карданного вала в процессе эксплуатации испытывает высокие нагрузки, в результате которых образуются дефекты. Основными поверхностями вилки, которые подвергаются интенсивному износу, являются направляющая шейки, и отверстия под подшипники.

Цель выпускной квалификационной работы – повышение производительности и качества восстановления карданного вала легкового автомобиля.

В работе решены следующие задачи:

- 1) произвести анализ альтернативных способов восстановительной наплавки изделия и обосновать выбор способа для составления проектной технологии;
- 2) предложить меры по повышению эффективности способа восстановительной наплавки;
- 3) предложить наплавочные материалы;
- 4) составить проектную технологию восстановительной наплавки;
- 5) выполнить оценку безопасности и экологичности предложенных технических решений;
- 6) 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 0,62 млн. рублей.

# СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ . . . . .	5
1 Анализ состояния вопроса	
1.1 Описание устройства и дефектов изделия. . . . .	7
1.2 Сведения о материале изделия. . . . .	8
1.3 Базовая технология восстановительной наплавки. . . . .	10
1.4 Анализ источников научно-технической информации по вопросу восстановительной наплавки. . . . .	12
1.5 Формулировка задач выпускной квалификационной работы	14
2 Проектная технология восстановительной наплавки	
2.1 Обоснование выбора способа восстановительной наплавки. .	15
2.2 Повышение эффективности наплавки в защитных газах . . . . .	22
2.3 Операции проектной технологии восстановительной наплавки. . . . .	25
3 Безопасность и экологичность технического объекта	
3.1 Технологическая характеристика объекта. . . . .	28
3.2 Профессиональные риски, возникающие при реализации технологического процесса. . . . .	30
3.3 Разработанные технические и организационные предложения по уменьшению выявленных при анализе проектной технологии профессиональных рисков . . . . .	32
3.4 Разработанные технические и организационные предложения по обеспечению пожарной безопасности на участке сварки . . . . .	33
3.5 Оценка безопасности для природной среды предлагаемых технических решений . . . . .	35
3.6 Заключение по разделу . . . . .	35
4 Оценка экономической эффективности выпускной квалификационной работы	
4.1 Исходные данные для выполнения расчетов. . . . .	37

4.2 Расчёт фонда времени . . . . .	39
4.3 Расчет нормы штучного времени на изменяющиеся операции технологического процесса . . . . .	40
4.4 Расчет заводской себестоимости базового и проектного вариантов технологии. . . . .	42
4.5 Калькуляция заводской себестоимости сварки по базовому и проектному варианту технологии. . . . .	47
4.6 Капитальные затраты по базовой и проектной технологиям	47
4.7 Показатели экономической эффективности проектной технологии. . . . .	50
4.8 Заключение по экономическому разделу. . . . .	51
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ . . . . .</b>	<b>53</b>
<b>СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ. . . . .</b>	<b>54</b>

## ВВЕДЕНИЕ

В транспортной технике наименьшую долговечность имеют узлы механических трансмиссий. Одной из наиболее проблемных составляющих трансмиссии является карданная передача, долговечность которой в 1,5...2 раза меньше основных агрегатов [1]. Карданная передача и соединяемые агрегаты представляют собой сложную динамическую систему. В результате анализа возникающих при работе этой механической системы вибрационных процессов установлено, что в качестве возмущающего воздействия выступают центробежные силы, которые возникают при разбалансировке карданного вала из-за эксплуатационного износа. Установлено, что износу наиболее подвержены соединения «шип крестовины–игольчатый подшипник» и шлицевое соединение [1, 2]. Проблема возникновения вибрационных процессов в первую очередь обусловлена детерминированными и случайными вибрационными динамическими нагрузками, постоянно действующими при эксплуатации, поэтому необходимо периодически проводить контроль прочности и наличия эксплуатационного износа деталей данных узлов.

В автомобиле карданный вал передает момент вращения от двигателя через коробку передач на задний мост, у вертолета — на лопасти основного пропеллера, а в железнодорожном вагоне соединяет между собой выходной вал редуктора и выходной вал подвагонного генератора через муфту сцепления.

Вилка скольжения карданного вала в процессе эксплуатации испытывает высокие нагрузки, в результате которых образуются дефекты. Основными поверхностями вилки, которые подвергаются интенсивному износу, являются направляющая шейки, и отверстия под подшипники.

На сегодняшний день при восстановлении вилки карданного вала используются следующие способы восстановления:

- наплавка ушек с последующей шлифовкой (внутренняя цилиндрическая поверхность),
- установка компенсирующих вкладышей (внутренняя цилиндрическая поверхность),
- правка щек на станках (наружная поверхность вилки),
- электрохимическое наращивание (железнение или хромирование) для внутренних цилиндрических поверхностей.

Наиболее сложными и ответственными с одной стороны и экономически выгодными с другой стороны являются восстановительные операции, при реализации которых становится возможным восстановление геометрических размеров детали, форм и взаимного расположения трущихся поверхностей, получение поверхностей с заданными физико-механическими свойствами, которые соответствуют состоянию новой детали.

Таким образом, актуальным следует признать цель выпускной квалификационной работы – повышение производительности и качества восстановления карданного вала легкового автомобиля.

Достижение поставленной цели должно основываться на достижениях современной сварочной науки и использовать передовые способы восстановления деталей машин.

# **1 Анализ состояния вопроса**

## **1.1 Описание устройства и дефектов изделия**

Вилка скользящая карданного вала (рис. 1.1) расположена на карданном валу автомобиля. Сама карданная передача обеспечивает передачу крутящего момента к главной передаче от коробки передач. Конструкция карданного вала позволяет осуществить передачу крутящего момента под углом. Вилка карданного вала изготовлена из стали конструкционной углеродистой качественной (Сталь 40 и 40Х), твердость вилки составляет 229-269 НВ.

Вилка скольжения карданного вала в процессе эксплуатации испытывает высокие нагрузки, в результате которых образуются дефекты. Основными поверхностями вилки, которые подвергаются интенсивному износу, являются направляющая шейки, и отверстия под подшипники.

Дефект 1 - износ отверстия под подшипники.

Дефект 2 - трещины на корпусе (рис. 1.1).

Дефект 3 - облом ушка вилки (рис. 1.1).

Причины возникновения дефектов:

- недостаток смазки;
- неправильная эксплуатация;
- заводские дефекты;
- знакопеременные нагрузки;
- повышенное трение между соприкасающимися деталями;
- ударные нагрузки;
- биение.

Перечисленные дефекты являются локальными, и не приводят к разрушению вилки карданного вала. Современные способы восстановления позволяют устранить все эти дефекты и обеспечить дальнейший ее ресурс не менее 80% от нового.

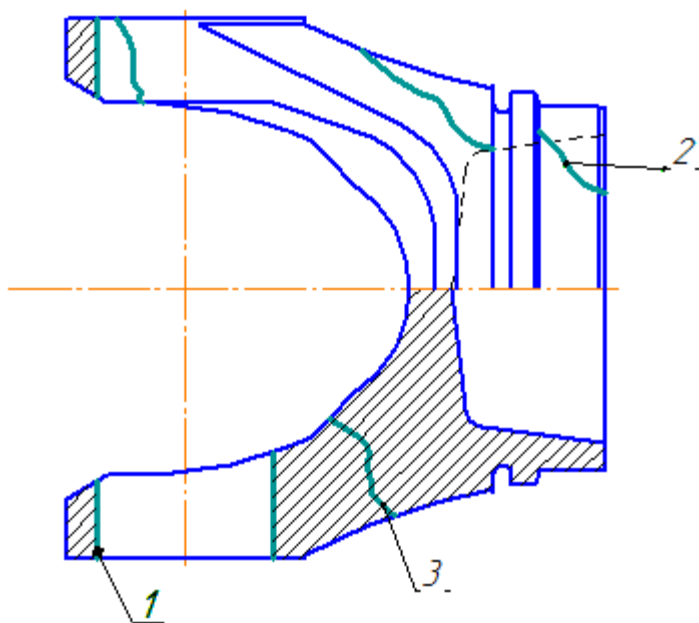


Рисунок 1.1 – Эскиз детали.

## 1.2 Сведения о материале изделия

Материал вилки вала – сталь 40Х. При сварке таких закаливающих сталей могут образовываться холодные трещины, что обуславливает необходимость назначения предварительного подогрева и послесварочного отпуска. Это усложняет технологический процесс и может быть невозможным при изготовлении массивных крупногабаритных изделий.

Таблица 1.1 – Химический состав стали 40Х

С	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu	Fe
0,36...0,44	0,17...0,37	0,5...0,8	До 0,3	До 0,035	До 0,035	0,8...1,1	До 0,3	Ост.

При сварке низко- и среднелегированных сталей в зоне термического влияния (ЗТВ) образуется мартенситная структура, склонная к замедленному разрушению и образованию холодных трещин. Предотвратить или ограничить закалку металла ЗТВ при заданных режимах сварки или наплавки



позволяет предварительный подогрев изделия, который, однако, усложняет технологический процесс сварки и повышает себестоимость изделий. Целесообразность использования этой операции при сварке сталей в каждом конкретном случае должна быть обоснована.

Предварительный подогрев существенно усложняет и удорожает технологию сварки (наплавки) и может отрицательно влиять на вязкость сварных соединений сталей из-за увеличения длительности пребывания ЗТВ при высокой температуре, что приводит к росту зерна в зоне перегрева. Если механические свойства соединений не удовлетворяют нормативным требованиям, то необходимо применение дополнительной операции — термической обработки. Кроме того, предварительный подогрев не может использоваться для всех типов сварных конструкций. При изготовлении сварных конструкций из сталей повышенной прочности с целью предотвращения образования холодных трещин применяют локальный послесварочный нагрев, что способствует распаду мартенсита в ЗТВ или же приводит к перекристаллизации с формированием других структурных составляющих стали. Локальный нагрев может осуществляться с помощью различных тепловых источников, в том числе и сварочных. В последнем случае операция термообработки (или подогрева) осуществляется в процессе самой сварки. К таким способам автотермообработки можно отнести сварку короткими валиками, поперечной горкой, двухдуговую со смещенными дугами, модулированным током, с применением импульсно-дуговых источников питания и др. Такая же технология послесварочной термообработки легко реализуется при сварке тонколистовых конструкций из высокопрочных сталей с последующим или сопутствующим прогревом соединения дугой с неплавящимся электродом.

### 1.3 Базовая технология восстановительной наплавки

Поскольку восстановлению подлежат детали, эксплуатировавшиеся в течение длительного времени и поверхность которых загрязнена, первой и достаточной важной операцией является очистка и мойка подлежащей восстановлению детали. Качество восстановленной изношенной поверхности, производительность наплавки и культура производства во многом зависят от качества очистки и мойки.

Применяют в базовом технологическом процессе для очистки и мойки щелочные составы МЛ-51 или МЛ-52. Состав МЛ-51 содержит такие химические вещества как соду кальцинированную, соду каустическую, тринатрий фосфат.

Высокое качество удаления загрязнений обеспечивается за счет мойки в специализированной погружной моечной установке ММА1.

Для очистки вала перед напылением следует использовать щелочной состав, препарат МЛ-51 или МЛ-52 в виде водного раствора при концентрации 10...30 г/литр и температуре 75...80 С

Время промывки – 30-40 минут;

После промывки, проводится дефектация, по её результатам детали разделяют на три группы:

- Годные детали, размеры которых лежат в пределах допустимых величин. Их отправляют на сборку или склад готовой продукции.
- Детали подлежащие ремонту, износ и повреждения которых могут быть исправлены. Их отправляют на ремонт или склад деталей, ожидающих ремонта.
- Детали забракованные. Восстановить их невозможно или экономически нецелесообразно. Их отправляют на склад утиля как лом.

Далее выполняют предварительный подогрев до температуры 250...300 °С с использованием ацетиленового пламени.

Далее выполняют наплавку. Для наплавки применяется сварочный аппарат Русич С 300. При наплавке применяют постоянный ток обратной

полярности. Ток наплавки - 120...140 А, напряжение на дуге 22...24 В. Каждый последующий валик должен перекрывать предыдущий на 30...50 % ширины. Припуск на механическую обработку 1,5...2 мм.

Для наплавки применяют штучные электроды ОЗН-250 Ø4 мм.

Механическую обработку вилки осуществляют на фрезерном станке 6К82Ш.

Закалку ТВЧ производим на универсальной установке для закалки деталей ТВЧ при помощи индуктора.

Контролирование восстановленных поверхностей производим штангенциркулем ШЦ – 1-150-0,1 ГОСТ 165-80, линейкой стальной 500 мм.

Недостатками базовой технологии с применением ручной дуговой наплавки штучными электродами являются:

1) Низкие механические свойства наплавленного слоя, что происходит по причине частичного попадания в него основного металла.

2) Риск деформации изделия вследствие высокой погонной энергии наплавки. При неправильном выборе параметров режима наплавки может произойти чрезмерная деформация изделия.

3) Неравномерность свойств восстановленных изделий, что обуславливается тем, что свойства и состав наплавленного слоя отличаются от основного металла. Чтобы получить качественный наплавленный слой, сварщик должен иметь специальные навыки по теории наплавки.

4) Существует ограничение по выбору сочетаний основного и наплавляемого металлов.

5) Сложные условия труда сварщиков.

#### **1.4 Анализ источников научно-технической информации по вопросу восстановительной наплавки**

В ходе предварительного анализа состояния вопроса был произведён поиск источников научно-технической информации по вопросу восстановления деталей машин. Поиск источников научно-технической информации будем вести в сети ИНТЕРНЕТ по ключевым словам «восстановление», «наплавка», «журнал Автоматическая сварка», «журнал Сварочное производство», «диссертация», «научная статья».

В первой [2] работе предложена методика проведения вибрационных испытаний на прочность карданных валов и оценки их технического состояния на стенде «ВИК-4000», основанная на анализе амплитудных спектров вибрационных процессов.

Результаты этой работы будут использованы при анализе состояния вопроса и составлении проектной технологии.

Во второй работе [20] рассмотрено влияние неметаллических включений в основном металле на возникновение и распространение трещин в наплавленном металле. Показано, что, кроме неметаллических включений, распространению трещин в наплавленном металле способствуют упрочняющие фазы его структуры и полигонизационные границы. Однако последние являются иницирующими факторами возникновения трещин.

Результаты этой работы будут использованы при составлении проектной технологии восстановительной наплавки.

В третьей работе [21] предложено для повышения эффективности процесса электродуговой наплавки в  $\text{CO}_2$  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 [22] проведено исследование влияния различных способов дуговой наплавки на величину проплавления основного металла, геометрию наплавленного валика и качество наплавки. При проведении эксперимента было использовано девять партий порошковой проволоки с диаметрами 1,8; 2,4 и 2,8 мм. Наплавка осуществлялась в широком диапазоне режимов:  $I_n = 150 \dots 450$  А;  $U_n = 20 \dots 34$  В, при скорости наплавки 20 м/ч. Показано, что напряжение дуги оказывает наиболее сильное влияние на формирование наплавленных валиков. Значения напряжений на дуге, обеспечивающие хорошее формирование наплавленного валика и отсутствие пор, могут существенно отличаться при различных способах наплавки проволоками одного диаметра. Полученные результаты могут быть применены для выбора способа наплавки, назначения параметров режима наплавки, прогнозирования качества наплавочных работ. Полученные результаты также будут использованы для наполнения баз данных для компьютерного программирования роботизированной дуговой наплавки.

В пятой работе [23] исследованы свойства покрытий, полученных лазерной наплавкой, характеристики свойств покрытий сопоставлены с характеристиками покрытий, которые были получены при использовании традиционных методов наплавки. Доказана высокая эффективность лазерной наплавки при восстановлении деталей машин.

Результаты этой работы будут применены в дипломном проекте при анализе возможных способов восстановительной наплавки изделия и, возможно, при составлении проектной технологии наплавки.

## **1.5 Формулировка задач выпускной квалификационной работы**

В выпускной квалификационной работе поставлена цель - повышение производительности и качества восстановления карданного вала легкового автомобиля.

Базовая технология восстановительной наплавки с применением ручной дуговой наплавки штучными электродами имеет ряд недостатков. Поиск и анализ источников научно-технической информации позволил выделить несколько альтернативных способов восстановительной наплавки. Для построения проектной технологии требуется обосновать выбор способа восстановительной наплавки. Таким образом, можно сформулировать задачи выпускной квалификационной работы, решение которых позволит достигнуть поставленной цели:

- 1) произвести анализ альтернативных способов восстановительной наплавки изделия и обосновать выбор способа для составления проектной технологии;
- 2) предложить меры по повышению эффективности способа восстановительной наплавки;
- 3) предложить наплавочные материалы;
- 4) составить проектную технологию восстановительной наплавки;
- 5) выполнить оценку безопасности и экологичности предложенных технических решений;
- 6) выполнить оценку экономической эффективности предложенных технических решений.

## **2 Проектная технология восстановительной наплавки**

### **2.1 Обоснование выбора способа восстановительной наплавки**

При выборе способа восстановительной наплавки следует учитывать конструктивно-технологические особенности детали, условия работы детали, характер и величину износа. Также следует принимать во внимание особенности самих способов восстановительной наплавки, которые определяют долговечность деталей после ремонта и себестоимость самого проведения ремонта.

Конструктивно-технологические особенности деталей, которые следует подвергать восстановительной наплавке, задаются формой и размерами деталей, материалом, термообработкой, свойствами трущихся поверхностей (точность изготовления, шероховатость, вид трения), посадками и допустимым износом при эксплуатации детали.

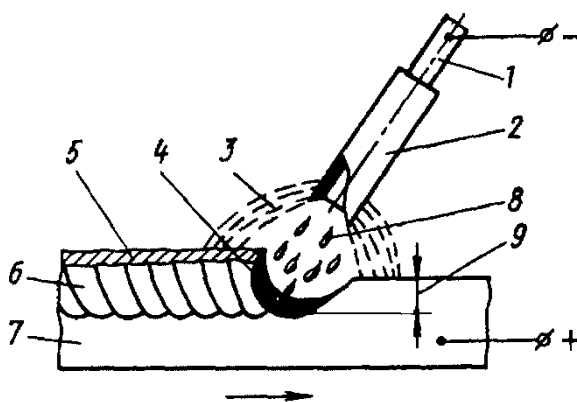
С учётом информации по конструктивно-технологическим особенностям восстанавливаемой детали и условиям её работы, а также эксплуатационным свойствам различных способов ремонта, можно произвести предварительную оценку возможности применения того или иного способа восстановления к рассматриваемой детали.

При восстановлении рассматриваемой детали могут быть использованы:

- ручная наплавка с использованием штучных электродов;
- механизированная наплавка с применением износостойкой порошковой проволокой;
- механизированная или автоматическая наплавка в среде защитных газов с применением проволоки сплошного сечения;
- газопламенная наплавка и напыление сплавами (наплавочные порошки);
- плазменная наплавка и напыление;
- лазерная наплавка.

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.



1 – сердечник штучного электрода; 2 – покрытие штучного электрода;  
3 – защитная газовая атмосфера; 4 – ванна расплавленного металла;  
5 – шлак; 6 – металл сварного шва; 7 – основной металл; 8 – расплавленный электродный металл; 9 — глубина проплавления

Рисунок 2.1 – Схема ручной дуговой наплавки

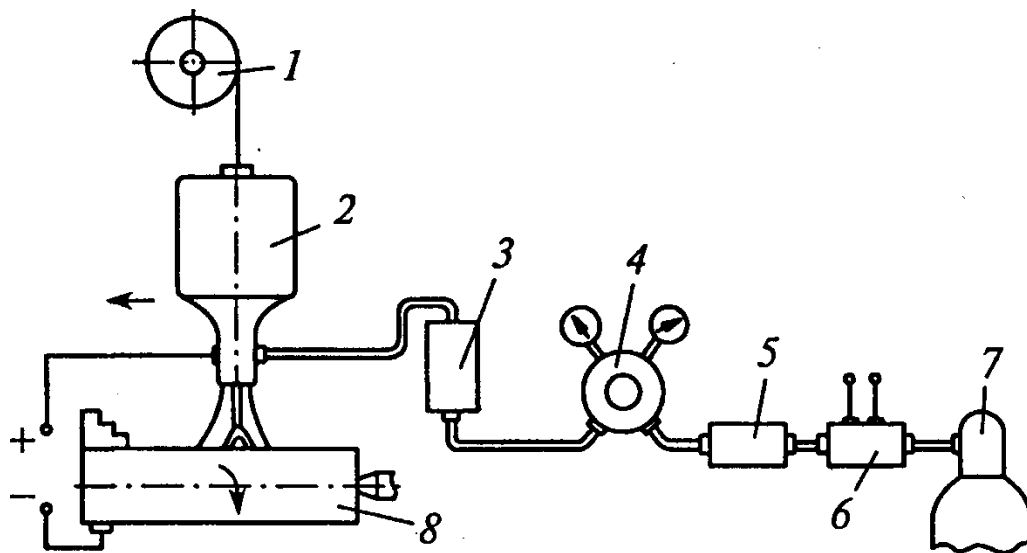
Существенным недостатком ручной дуговой наплавки покрытыми электродами является малая производительность наплавки, при этом качество наплавленного металла зависит от практических навыков и кондиции сварщика. Также следует указать, что при ручной дуговой наплавке скорость расплавления электрода непостоянна 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.

Из всех способов автоматической дуговой наплавки, способ наплавки в  $\text{CO}_2$  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 сталими [3, 4].

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  $\text{CO}_2$ .



1 — катушка с проволокой; 2 — наплавочный аппарат; 3 — расходомер; 4 — редуктор; 5 — осушитель; 6 — подогреватель; 7 — баллон с углекислым газом; 8 — деталь

Рисунок 2.2 – Схема установки для дуговой наплавки в углекислом газе

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.

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.

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 плавиковый шпат, который повышает жидкотекучесть шлака и улучшает рафинирование наплавленного металла. Самозащитные порошковые проволоки могут сильно отличаться по содержанию других шлакообразующих компонентов [5, 6, 7, 8].

Первые упоминания о применении энергии плазменной струи для обработки металлов относятся к 1950-х годам. В настоящее время

плазменную струю используют для сварки, резки, нанесения покрытий, поверхностной закалки и др. Для обработки металлов применяют сжатую дугу прямого и косвенного действия. При использовании дуги прямого действия электрический разряд горит между электродом и изделием, а в случае косвенной дуги разряд горит между электродом и плазмообразующим соплом. В этом случае на обрабатываемую деталь воздействует только струя плазмы, выдуваемая через сопло малого диаметра потоком инертного газа.

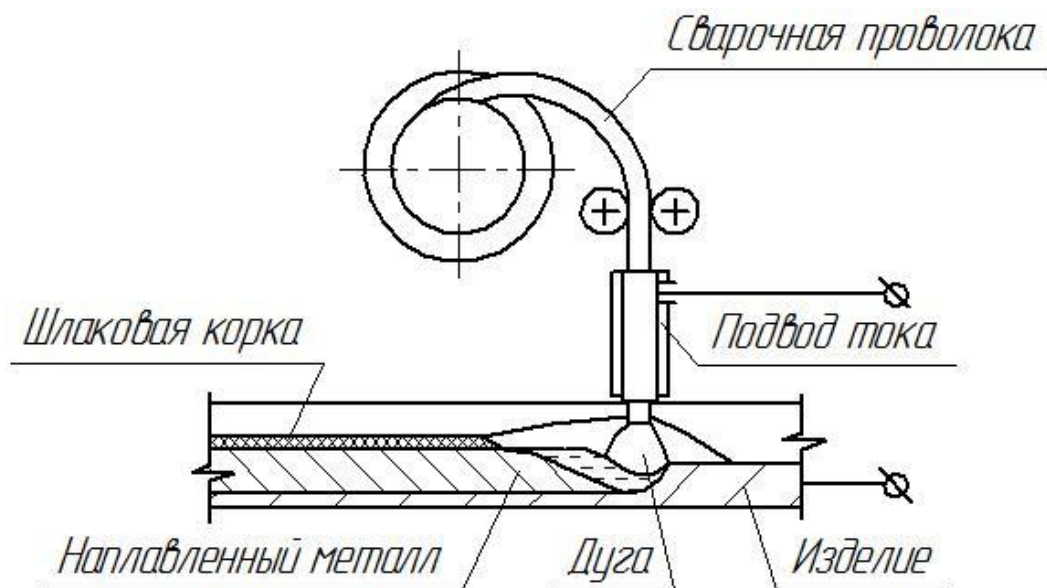


Рисунок 2.3 – Схема наплавки порошковой проволокой

Опыт применения механизированной плазменной наплавки в производстве позволяет утверждать, что этот способ восстановления деталей машин обладает значительными техническими и экономическими преимуществами по сравнению с другими способами. Помимо высокой производительности, меньшего расхода дорогостоящих и дефицитных наплавочных материалов, улучшения условий труда, плазменная наплавка обеспечивает стабильно высокое качество восстановления деталей.

В настоящее время отечественная промышленность не выпускает установки для плазменно-порошковой наплавки, а существующие установки импортного производства имеют крайне высокую стоимость [9]. Кроме того, зарубежные и выпускавшиеся ранее отечественные установки функционируют на постоянном токе одной полярности (в европейских

странах применяется в основном наплавка на прямой полярности, а в Японии – на обратной [10, 11]). Менее распространены в промышленности плазменные установки переменного тока.

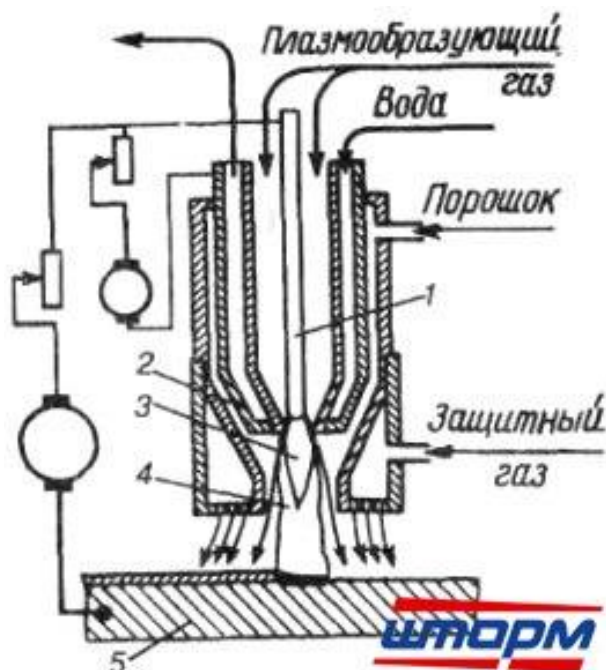


Рисунок 2.4 – Схема плазменной наплавки с вдуванием порошка в дугу

Лазерная наплавка, как способ нанесения покрытий, появилась в конце 1970-х – начале 1980-х годов. В случае наплавки за счет подачи наплавочного материала (преимущественно в виде порошка, реже в виде проволоки) в зону действия сфокусированного в пятно диаметром 1,0...5,0 мм лазерного излучения на обрабатываемой поверхности создается покрытие определенной высоты с заданными физико-химическими характеристиками (рис. 2.5) [24]. Возможны также варианты лазерной наплавки по предварительно нанесенным на подложку слоям наплавляемого материала. Эти слои наносят газотермическим напылением или обмазкой, состоящей из наплавочного порошка со связующим, а затем переплавляют лазерным излучением. Наплавку с предварительным напылением слоев обычно называют лазерным переплавом. Получаемое покрытие связано с материалом основы переходной зоной сравнительно малых (обычно от 5...10 мкм до 50...200 мкм) размеров.

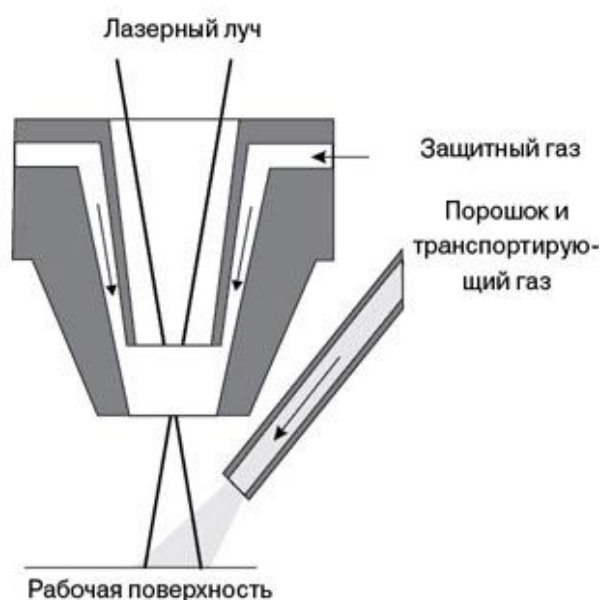


Рисунок 2.5 – Схема лазерной наплавки с боковой подачей порошка

К преимуществам лазерной наплавки относятся [24]: возможность нанесения слоев с заданными свойствами высотой 0,1...3,0 мм; значительное ослабление эффекта перераспределения компонентов из материала основы в наплавленный слой, способствующее повышению точности прогнозирования результатов и максимальному приближению свойств наплавленного слоя к исходным свойствам наплаваемого материала; получение равноосных мелкокристаллических (высокодисперсных) структур наплавленного металла и малой (до 0,1...0,5 мм) зоны термического влияния; минимизация припуска под финишную механообработку до величин порядка 0,3...0,5 мм на сторону за счет малой шероховатости (до Ra 200...300 мкм) наплавленных поверхностей. Кроме перечисленных, к преимуществам лазерной наплавки можно отнести и преимущества термообработки и легирования, связанные с особенностями лазерного излучения как теплового источника.

Недостатками лазерной наплавки являются: вероятность появления поперечных холодных микротрещин в наплавленных слоях, которые возникают из-за релаксации высоких внутренних напряжений растяжения [25]; высокая вероятность появления внутренних и наружных пор, что объясняется наличием неметаллических включений в наплавочном порошке

и его остаточной влажностью; высокая стоимость процесса лазерной наплавки, что объясняется высокой себестоимостью лазерного оборудования.

На основании обзора и анализа возможных способов восстановления для проектной технологии применим наплавку в защитных газах проволокой сплошного сечения.

## **2.2 Повышение эффективности наплавки в защитных газах**

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  $\text{CO}_2$ .

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. Воздействие на перенос электродного металла с постоянной скоростью подачи электродной проволоки и импульсным управлением электрическими параметрами сварочной дуги реализовано в процессах coldArc, SpeedPulse, STT, Fast Root [12–15], комбинированное электромеханическое управление используется в таких процессах, как CMT [16], PulseShock, описанных в работах [17, 18]. О возможностях управления переносом расплавленного электродного металла только за счет изменения скорости подачи электродной проволоки с

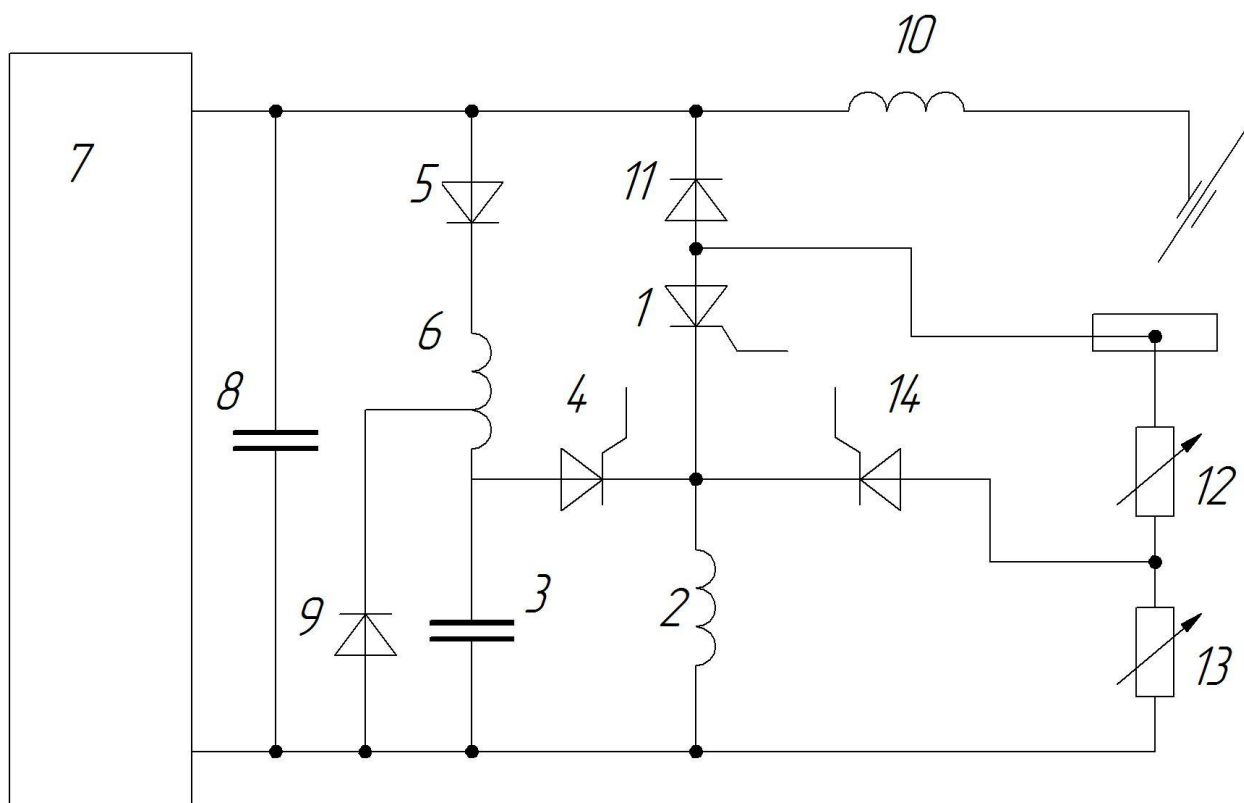
использованием схем управления электрическими параметрами серийных источников сварочного тока в литературе имеется весьма ограниченная информация [19].

Предлагаемое устройство для импульсной наплавки (рис. 2.6) состоит из силового тиристора 1 и дросселя 2, который является коммутирующим, включенных последовательно в сварочную цепь, коммутирующего конденсатора 3, который через вспомогательный тиристор 4, подключен параллельно коммутирующему дросселю 2, а через диод 5 и зарядный дроссель 6 – параллельно источнику 7 постоянного тока, конденсатора 8, подключенного параллельно к зажимам источника 7 постоянного тока, диода 9, шунтирующего конденсатор 3 и часть секций зарядного дросселя 6, дросселя 10, включенного последовательно в сварочную цепь, диода 11, шунтирующего цепь, состоящую из сварочной дуги и включенного последовательно с ней дросселя 10, секций переменных сопротивлений 12, 13, подключенных параллельно последовательно соединенным силовому тиристор 1 и коммутирующему дросселю 2, дополнительного тиристора 14, подключенного в цепь между секциями сопротивлений 12 и 13 и катодами тиристор 1 и 4.

Устройство работает следующим образом. В первоначальном положении все тиристоры 1, 4 и 14 находятся в непроводящем состоянии. При горении дуги включен силовой тиристор 1. Момент начала короткого замыкания дугового промежутка совпадает с включением дополнительного тиристора 14, который подключает секцию переменного сопротивления 12 последовательно со сварочной дугой. При этом амплитуда, тока короткого замыкания ограничивается величиной этого сопротивления. Силовой тиристор 1 при этом находится в непроводящем состоянии. В момент разрыва перемычки дополнительный тиристор 14 переходит в непроводящее состояние и последовательно со сварочной дугой оказываются включенными секции сопротивлений 12 и 13. Энергия, запасенная, в дросселе 10 во время короткого замыкания дугового промежутка гасится сопротивлениями 12 и

13. Через время, необходимое для спада тока от своего максимального значения до тока горения дуги, вновь включается силовой тиристор 1, и весь процесс повторяется.

Таким образом, включение параллельно цепи, состоящей из последовательно соединенных силового тиристора 1 и коммутирующего дросселя 2, секций переменных сопротивлений 12 и 13, а также включение дополнительного тиристора 14 в цепь между секциями сопротивления 12 и 13 и катодами тиристоров 1 и 4, позволяет уменьшить разбрызгивание за счет ограничения амплитуды тока короткого замыкания и погашения энергии, запасенной в дросселе 10 во время короткого замыкания дугового промежутка.



- 1 - силовой тиристор; 2 - коммутирующий дроссель; 3 - коммутирующий конденсатор; 4 - вспомогательный тиристор; 5, 9 – диод; 6 - зарядный дроссель; 7 - источник постоянного тока; 8 – конденсатор; 10 - последовательный дроссель; 11 - шунтирующий диод; 12, 13 - переменные сопротивления; 14 - дополнительный тиристор

Рисунок 2.6 – Схема импульсного управления дугой при наплавке



### 2.3 Операции проектной технологии восстановительной наплавки

С учетом имеющихся дефектов на основании выбора способа наплавки технологический процесс восстановления будет включать в себя следующие операции: 1) Подготовка изделий; 2) Предварительный подогрев; 3) Наплавка; 4) Охлаждение; 5) Контроль качества; 6) Фрезерование.

Все эти операции, за исключением операции наплавки переходят из базового технологического процесса.

Для питания электрической дуги на операции наплавки применим выпрямитель ВДУ-506 (рис. 2.7).



Рисунок 2.7 – Выпрямитель ВДУ-506

Для управления горением дуги применим устройство, описанное в п. 2.2.

В качестве механизма подачи проволоки применим полуавтомат КП-007 (рис. 2.8).

Наплавку ведём на постоянном токе обратной полярности, в качестве защитного газа применим углекислый газ. В качестве проволоки применим проволоку Нп-30ХГСА диаметром 0,8 мм. Параметры режима наплавки: сила тока 65...75 А, напряжение на дуге 17...20 В, расход газа 8...10 л/мин.



Рисунок 2.8 – Полуавтомат КП-007

Как показывают результаты работы [20], при наплавке сталей, особенно склонных к возникновению трещин, особое внимание следует обращать на качество основного металла с точки зрения его чистоты от неметаллических включений. Неметаллические включения в основном металле могут не только инициировать появление трещин, но и влиять на дальнейшее их распространение в наплавленном металле за счет эффекта «всплывания» из слоя в слой наплавленного металла. Зародившиеся в основном металле трещины распространяются в наплавленном металле.

Оптимальный состав износостойкого наплавленного металла выбирают экспериментально либо путем математического моделирования. Второй вариант предпочтителен, поскольку менее экономически затратный. Однако, как показывает практика, во многих случаях, особенно при наплавке высокоуглеродистых легированных сталей, на этапе проверки технологичности выбранного наплавочного материала расчетный «оптимальный» состав необходимо корректировать с целью исключения трещин в наплавленном металле. В результате такого двойного метода оценки результатов исследования и появляется окончательный состав наплавленного металла. При этом технологическую часть исследований обычно ограничивают рассмотрением процессов, происходящих только в

наплавленном металле. Более того, в настоящее время при определенных трудностях экономического порядка с приобретением металла используют стали, «имеющиеся в наличии», хотя и предусматривается проведение качественного химического анализа этого металла.

### 3 Безопасность и экологичность технического объекта

#### 3.1 Технологическая характеристика объекта

Участок (рис. 3.1), на котором выполняется восстановительная наплавка, предусматривает размещение поста дефектации 1, инструментального шкафа 2, инвентарной тележки 3, зачистного поста 4, газосварочного аппарата 5, сварочного источника питания 6, стола для наплавки 7, ящика с песком 8, фрезерного станка 9, крана 10, вертикально-сверлильного станка 11, установки термической обработки 12, склада для хранения вспомогательных инструментов 13, приточной вентиляции 14.

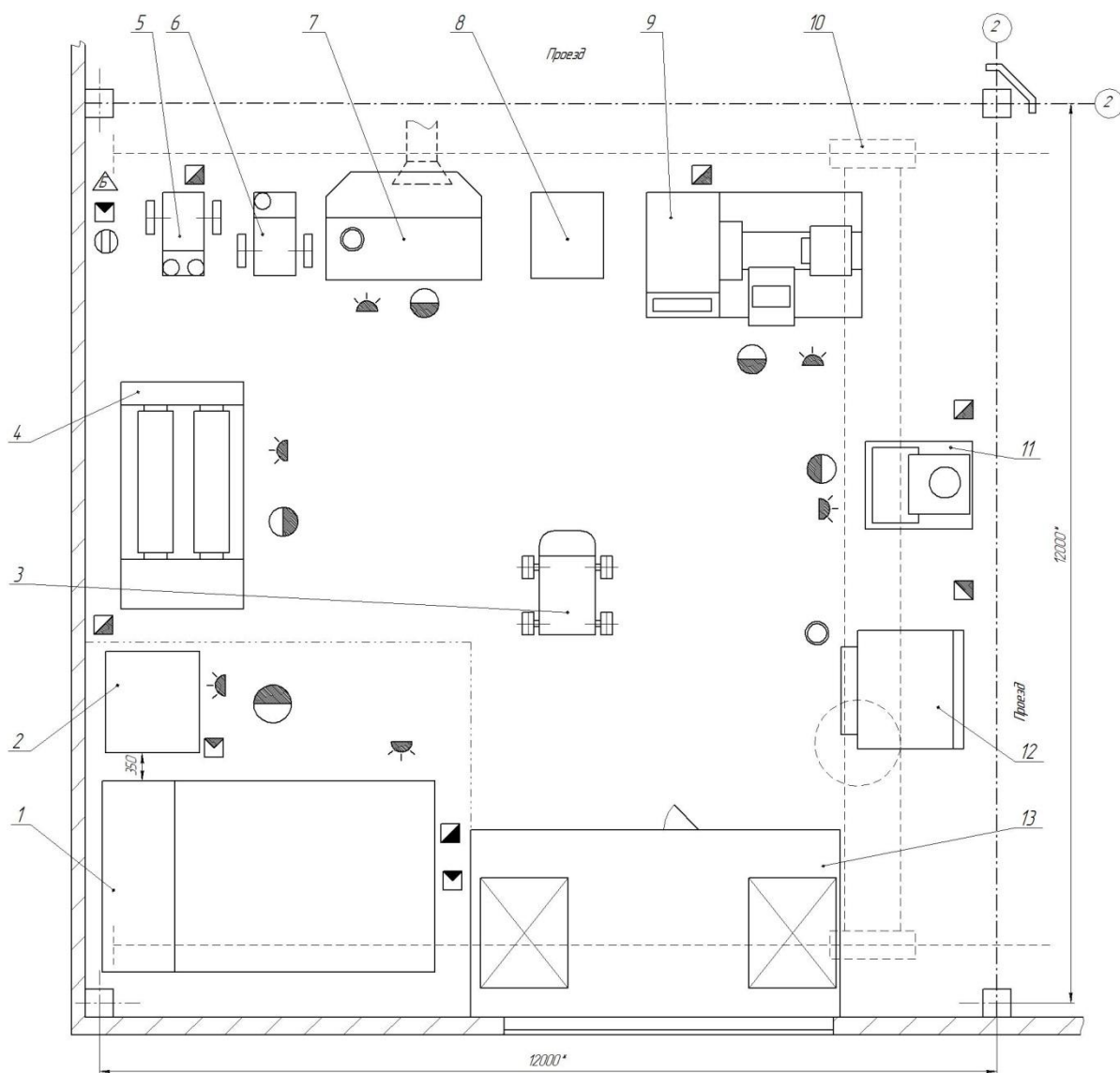


Рисунок 3.1 – Планировка участка проведения восстановительной наплавки

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	Слесарь-сборщик	Машинка угловая шлифовальная, штангенциркуль ШЦ-1-125-01, стол дефектовщика	Ацетон
2. Предварительный подогрев	Слесарь-сборщик	Редукторы ДКП-1-65, газовая горелка, термометр контактный	Ацетилен, кислород
3. Наплавка	Электросварщик на автоматических и полуавтоматических машинах	Сварочный выпрямитель, формирователь импульсов, механизм подачи	Углекислый газ
4. Охлаждение	Слесарь-сборщик	Ящик для песка	Песок
5. Контроль качества	Инженер - дефектоскопист	Пресс Роквелла, штангенциркуль ШЦ-1-125-01, стол дефектовщика	-
6. Фрезерная	Токарь-станочник	Станок фрезерный	Фреза, СОЖ
7. Термическая	Контролёр по термообработке	Установка для закалки ТВЧ	Вода

### 3.2 Профессиональные 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"> <li>- наличие на внешних поверхностях применяемого оборудования, приспособлений и инструмента острых кромок, заусенцев;</li> <li>- перемещающиеся в процессе выполнения подготовительной операции детали и узлы применяемого оборудования, приспособлений;</li> <li>- опасность замыкания на тело рабочего высокого напряжения, питающего производственное оборудование;</li> <li>- повышенная запылённость и загазованность воздуха рабочей зоны;</li> </ul>	Машинка угловая шлифовальная, штангенциркуль, стол дефектовщика, края деталей
2. Предварительный подогрев	<ul style="list-style-type: none"> <li>- наличие на внешних поверхностях применяемого оборудования, приспособлений и инструмента острых кромок, заусенцев;</li> <li>- перемещающиеся в процессе выполнения подготовительной операции детали и узлы применяемого оборудования, приспособлений;</li> <li>- опасность замыкания на тело рабочего высокого напряжения, питающего производственное оборудование;</li> <li>- повышенная запылённость и загазованность воздуха рабочей зоны;</li> <li>- нагрев внешних поверхностей применяемого на операции оборудования, приспособлений, инструмента, деталей до высоких температур</li> </ul>	Газовая горелка, термометр контактный, нагретые детали

Продолжение таблицы 3.2

1	2	3
3. Наплавка	<ul style="list-style-type: none"> <li>- наличие на внешних поверхностях применяемого оборудования, приспособлений и инструмента острых кромок, заусенцев;</li> <li>- перемещающиеся в процессе выполнения подготовительной операции детали и узлы применяемого оборудования, приспособлений;</li> <li>- опасность замыкания на тело рабочего высокого напряжения, питающего производственное оборудование;</li> <li>- повышенная запылённость и загазованность воздуха рабочей зоны;</li> <li>- нагрев внешних поверхностей применяемого на операции оборудования, приспособлений, инструмента, деталей до высоких температур</li> </ul>	Сварочный выпрямитель, формирователь импульсов, механизм подачи
4. Охлаждение	<ul style="list-style-type: none"> <li>- повышенная запылённость и загазованность воздуха рабочей зоны;</li> <li>- нагрев внешних поверхностей применяемого на операции оборудования, приспособлений, инструмента, деталей до высоких температур</li> </ul>	нагретые детали
5. Контроль качества	<ul style="list-style-type: none"> <li>- наличие на внешних поверхностях применяемого оборудования, приспособлений и инструмента острых кромок, заусенцев;</li> <li>- перемещающиеся в процессе выполнения подготовительной операции детали и узлы применяемого оборудования, приспособлений</li> </ul>	Пресс Роквелла, штангенциркуль, стол дефектовщика
6. Фрезерная	<ul style="list-style-type: none"> <li>- наличие на внешних поверхностях применяемого оборудования, приспособлений и инструмента острых кромок, заусенцев;</li> <li>- перемещающиеся в процессе выполнения подготовительной операции детали и узлы применяемого оборудования, приспособлений</li> </ul>	Станок фрезерный
7. Термическая	<ul style="list-style-type: none"> <li>- наличие на внешних поверхностях применяемого оборудования, приспособлений и инструмента острых кромок, заусенцев;</li> <li>- перемещающиеся в процессе выполнения подготовительной операции детали и узлы применяемого оборудования, приспособлений;</li> <li>- опасность замыкания на тело рабочего высокого напряжения, питающего производственное оборудование;</li> <li>- нагрев внешних поверхностей применяемого на операции оборудования, приспособлений, инструмента, деталей до высоких температур</li> </ul>	Установка для закалки ТВЧ

### 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

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	2	3
1. Наличие на внешних поверхностях применяемого оборудования, приспособлений и инструмента острых кромок, заусенцев;	Инструктаж производственного персонала	Защитные перчатки, защитная одежда.
2. Перемещающиеся в процессе выполнения сборочной операции детали и узлы применяемого оборудования, приспособлений;	Ограждения перемещающихся деталей и узлов и их предохранительная 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	-



Продолжение таблицы 3.3

1	2	3
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. 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 возгорания	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 восстановительная наплавка	Кромкострогальный станок, машинка шлифовальная, источник питания сварочной дуги, сборочное приспособление, сварочный полуавтомат, аппарат ультразвукового контроля	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, запитанным 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 наплавки, 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
Восстановительная наплавка	Подготовительная операция, термическая обработка, операция наплавки, контрольные операции	Выделяемые в процессе горения плазменной дуги аэрозоли, частицы сажи и газообразные частицы	Химикаты, используемые в процессе проявления рентгеновской пленки и закрепления полученного изображения.	Упаковочный 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	Восстановительная наплавка деталей машин
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 по 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 Оценка экономической эффективности выпускной квалификационной работы

### 4.1 Исходные данные для выполнения расчетов

Выпускная квалификационная работа посвящена разработке технологических мероприятий по повышению производительности и качества ремонтной наплавки карданных валов автомобилей. Выполнение операций базового технологического процесса предусматривает применение ручной дуговой сварки. Это вызывает возникновение значительного числа дефектов и является причиной дополнительных временных затрат на ремонт дефектных участков. Проектный вариант технологии предусматривает применение механизированной наплавки в защитных газах проволокой сплошного сечения и импульсным управлением горением дуги. 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	6
1	Принятое число рабочих смен	Ксм	-	1	1
2	Значение нормы амортизационных отчислений применительно к рассматриваемому в соответствующей технологии оборудованию	На	%	21,5	21,5

Продолжение таблицы 4.1

1	2	3	4	5	6
3	Разряд сварщика	Р.р.		V	V
4	Значение часовой тарифной ставки	Сч	Р/час	200	200
5	Величина коэффициента, определяющего долю отчислений на формирование дополнительной заработной платы	Кдоп	%	12	12
6	Величина коэффициента, определяющего долю доплат к основной заработной плате	Кд		1,88	1,88
7	Величина коэффициента, определяющего долю отчислений на обеспечение социальных нужд	Ксн	%	30	30
8	Величина коэффициента, определяющего долю затрат на амортизационные отчисления на площади	На.пл.	%	5	5
9	Принятое значение стоимости эксплуатации производственных площадей	Сзксп	(Р/м <sup>2</sup> )/год	4500	4500
10	Цена приобретения производственных площадей	Цпл	Р/м <sup>2</sup>	30000	30000
11	Суммарная площадь, занимаемая оборудованием для обеспечения соответствующей технологии	S	м <sup>2</sup>	144	144
12	Величина коэффициента, определяющего долю транспортно-заготовительных расходов	Кт -з	%	5	5
13	Величина коэффициента, определяющего долю затраты на осуществление монтажа и демонтажа оборудования	Кмонт Кдем	%	3	5
14	Величина рыночной стоимости технологического оборудования для обеспечения соответствующей технологии:	Цоб	Руб.	30 тыс.	200 тыс.
15	Величина коэффициента, определяющего долю затрат на дополнительную производственную площадь	Кпл	-	3	3
16	Задаваемое значение потребляемой мощности технологического оборудования	Муст	кВт	20	30

Продолжение таблицы 4.1

1	2	3	4	5	6
17	Принятое значение стоимость электрической энергии для обеспечения соответствующей технологии	Цэ-э	Р/ кВт	3,02	3,02
18	Величина коэффициента, определяющего временные затраты на выполнение нормы	Квн	-	1,1	1,1
19	Величина коэффициента полезного действия	КПД	-	0,7	0,7
20	Величина коэффициента, определяющего эффективность капитальных вложений	Ен	-	0,33	0,33
21	Величина коэффициента, определяющего долю цеховых расходов	Кцех	-	1,5	1,5
22	Величина коэффициента, определяющего долю заводских расходов	Кзав	-	1,15	1,15
23	Время машинное	$t_{\text{МАШ}}$	час	0,8	0,5

#### 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%  $t_{\text{МАШ}}$ ;



$t_{П-3}$  – объём времени, затрачиваемого рабочим персоналом на выполнение подготовительно – заключительных операций, составляющий 1%  $t_{МАШ}$ .

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

$$t_{шт.баз} = 0,8 \cdot (100\% + 10\% + 5\% + 5\% + 1\%) = 0,97 \text{ ч.}$$

$$t_{шт.проектн.} = 0,5 \cdot (100\% + 10\% + 5\% + 5\% + 1\%) = 0,61 \text{ ч.}$$

Размер годовой программы проводимого объема работ вычисляем согласно формуле:

$$П_{Г} = \frac{F_{Э}}{t_{шт}} \quad (4.4)$$

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

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

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.4) результаты вычисления:

$$П_{Г.баз.} = 2054/0,97 = 2117 \text{ изд./ год;}$$

$$П_{Г.проектн.} = 2054/0,61 = 3367 \text{ изд./ год.}$$

Выполнение дальнейшего экономического расчёта будем вести исходя из принятого значения  $П_{Г} = 1000$  изделий за год.

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

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

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

$П_{Г}$  – принятая годовая программа;

$F_{Э}$  – 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:

$$n_{РАСЧБ} = \frac{0,97 \cdot 1000}{2054 \cdot 1,1} = 0,43$$

$$n_{РАСЧП} = \frac{0,61 \cdot 1000}{2054 \cdot 1,1} = 0,27$$

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:

$$K_3 = n_{расч}/n_{пр} \quad (4.6)$$

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

$n_{пр}$  – принятое количество оборудования.

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

$$K_{3Б} = 0,43/1 = 0,43$$

$$K_{3П} = 0,27/1 = 0,27$$

#### **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:

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

где  $Ц_m$  – рыночная стоимость соответствующего сварочного материала;

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

$$M_{баз.} = 120 \cdot 2 \cdot 1,05 = 252,00 \text{ рублей}$$

$$M_{проектн.} = 90 \cdot 0,6 \cdot 1,05 + 50 \cdot 0,3 \cdot 9 \cdot 1,05 = 56,70 + 141,75 = 198,45 \text{ рублей}$$

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:

$$З_{\text{осн.баз.}} = 0,97 \cdot 200 \cdot 1,88 = 364,72 \text{ руб.}$$

$$З_{\text{осн.проектн.}} = 0,61 \cdot 200 \cdot 1,88 = 229,36 \text{ руб.}$$

Размер дополнительной заработной платы вычисляем согласно формуле:

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

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

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

$$З_{\text{доп.базов.}} = 364,72 \cdot 12/100 = 43,77 \text{ руб.};$$

$$З_{\text{доп.проектн.}} = 229,36 \cdot 12/100 = 27,52 \text{ руб.};$$

$$\text{ФЗП}_{\text{базов.}} = 364,72 + 43,77 = 408,49 \text{ руб.};$$

$$\text{ФЗП}_{\text{проектн.}} = 229,36 + 27,52 = 256,88 \text{ руб.}$$

Размер отчислений на социальные нужды вычисляем согласно формуле:

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

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

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

$$\text{Осс}_{\text{баз.}} = 408,49 \cdot 30 / 100 = 122,55 \text{ руб.}$$

$$\text{Осс}_{\text{проектн.}} = 256,88 \cdot 30 / 100 = 77,06 \text{ руб.}$$

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

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

где  $A_{\text{об}}$  – амортизация оборудования;

$P_{\text{э-э}}$  – размер затрат на электрическую энергию.

Размер амортизации оборудования вычисляем согласно формуле:

$$A_{\text{об}} = \frac{Ц_{\text{об}} \cdot N_{\text{а}} \cdot t_{\text{МАШ}}}{F_{\text{э}} \cdot 100} \quad (4.12)$$

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

$N_{\text{а}}$  – норма амортизации технологического оборудования для реализации проектной и базовой технологии.

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

$$A_{\text{об.б}} = \frac{30000 \cdot 21,5 \cdot 0,97}{2054 \cdot 100} = 3,04 \text{ рублей}$$

$$A_{\text{об.пр}} = \frac{200000 \cdot 21,5 \cdot 0,61}{2054 \cdot 100} = 12,77 \text{ рублей}$$

Размер расходов на электроэнергию вычисляем согласно формуле:

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

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

$Ц_{\text{э-э}}$  – 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:

$$P_{\text{ээБ}} = \frac{20 \cdot 3,02 \cdot 0,97 \cdot 1}{0,7} = 83,70 \text{ рублей}$$

$$P_{\text{ээПР}} = \frac{30 \cdot 3,02 \cdot 0,61 \cdot 1}{0,8} = 69,08 \text{ рублей}$$

$$Зоб_{\text{баз.}} = 3,04 + 83,70 = 86,74 \text{ руб.}$$

$$Зоб_{\text{проектн.}} = 12,77 + 69,08 = 81,85 \text{ руб.}$$

Размер затраты на содержание и эксплуатацию площадей вычисляем согласно формуле:

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

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

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

Размер расходов на содержание площадей вычисляем согласно формуле:

$$P_{\text{пл}} = \frac{C_{\text{экспл}} \cdot S \cdot t_{\text{шт}}}{F_{\text{э}}}, \quad (4.15)$$

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

$S$  – площадь, занимаемая оборудованием.

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

$$P_{\text{плБ}} = \frac{4500 \cdot 144 \cdot 0,97}{2054} = 30,60$$

$$P_{\text{плП}} = \frac{4500 \cdot 144 \cdot 0,61}{2054} = 19,24$$

Размер расходов на амортизацию площади вычисляем согласно формуле:

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

где  $\text{На}_{\text{ПЛ}}$  – норма амортизации площади;

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

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

$$A_{\text{ПЛб}} = \frac{30000 \cdot 5 \cdot 144 \cdot 0,97}{2054 \cdot 100} = 10,20$$

$$A_{\text{ПЛпр}} = \frac{30000 \cdot 5 \cdot 144 \cdot 0,61}{2054 \cdot 100} = 6,41$$

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

$$З_{\text{ПЛб}} = 30,60 + 10,20 = 40,80 \text{ руб.}$$

$$З_{\text{ПЛпр}} = 19,24 + 6,41 = 25,65 \text{ руб.}$$

Размер технологической себестоимости вычисляем согласно формуле:

$$C_{\text{ТЕХ}} = M + \Phi\text{ЗП} + \text{Осс} + З_{\text{Об}} + З_{\text{ПЛ}} \quad (4.17)$$

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

$$C_{\text{ТЕХБаз.}} = 252 + 408,49 + 122,55 + 86,74 + 40,80 = 910,58 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{ТЕХПроектн.}} = 198,45 + 256,88 + 77,06 + 69,08 + 25,65 = 627,12 \text{ руб.}$$

Размер цеховой себестоимости вычисляем согласно формуле:

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

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:

$$C_{\text{ЦЕХБаз.}} = 910,58 + 1,5 \cdot 364,72 = 910,58 + 547,08 = 1457,66 \text{ руб.},$$

$$C_{\text{ЦЕХПроектн.}} = 627,12 + 1,5 \cdot 229,36 = 627,12 + 344,04 = 971,16 \text{ руб.}$$

Размер заводской себестоимости вычисляем согласно формуле:

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

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

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

$$C_{ЗАВБаз.} = 1457,66 + 1,15 \cdot 364,72 = 1457,66 + 419,43 = 1877,09 \text{ руб.},$$

$$C_{ЗАВПроектн.} = 971,16 + 1,15 \cdot 229,36 = 971,16 + 263,76 = 1234,92 \text{ руб.}$$

#### 4.5 Калькуляция заводской себестоимости сварки по базовому и проектному варианту технологии

Таблица 4.2 – Заводская себестоимость сварки

ПОКАЗАТЕЛИ	Услов. обозн.	Калькуляция., руб	
		Базовый	Проектн.
Материалы	М	252	198,45
Фонд заработной плат	ФЗП	408,49	256,88
Отчисления на соц. нужды	О <sub>сн</sub>	122,55	77,06
Затраты на оборудование	Зоб	86,74	69,08
Расходы на площади	Зпл	40,80	25,65
Себестоимость технологич.	Стех	910,58	627,12
Расходы цеховые	Рцех	547,08	344,04
Себестоимость цеховая	Сцех	1457,66	971,16
Расходы заводские	Рзав	419,43	263,76
Себестоимость заводская	С <sub>ЗАВ</sub>	1877,09	1234,92

#### 4.6 Капитальные затраты по базовой и проектной технологиям

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

$$K_{ОБЩБ} = K_{ОББ} = n \cdot Ц_{ОББ} \cdot K_{ЗБ.}, \quad (4.20)$$

где  $K_{З}$  – величина коэффициента, определяющего долю загрузки технологического оборудования;

$Ц_{ОББ}$  – размер в рублях остаточной стоимости оборудования, определяемый согласно сроку службы;

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

$$Ц_{\text{Об.Б.}} = Ц_{\text{Перв.}} - (Ц_{\text{Перв.}} \cdot T_{\text{Сл.}} \cdot N_A / 100), \quad (4.21)$$

где  $Ц_{\text{Перв.}}$  – 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.

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

$$Ц_{\text{Об.Баз.}} = 30000 - (30000 \cdot 3 \cdot 21,5 / 100) = 10650 \text{ рублей}$$

$$K_{\text{ОбщБаз.}} = 1 \cdot 10650 \cdot 0,43 = 4541 \text{ рублей}$$

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

$$K_{\text{ОбщЦПР}} = K_{\text{ОбЦПР}} + K_{\text{ПлЦПР}} + K_{\text{СопЦПР}} \quad (4.22)$$

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

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

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

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

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

$$K_{\text{ОбЦПР}} = 200000 \cdot 1,05 \cdot 0,27 = 56700 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{Соп}} = K_{\text{дем}} + K_{\text{монт}} \quad (4.24)$$

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



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

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

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

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

$$K_{\text{ДЕМ}} = 1 \cdot 30000 \cdot 0,05 = 1500 \text{ руб.}$$

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

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:

$$K_{\text{МОНТ}} = 200000 \cdot 0,05 = 10000 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{СОП}} = 1500 + 10000 = 11500 \text{ руб.}$$

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

$$K_{\text{ОБЩПР}} = 56700 + 11500 = 68200 \text{ руб.}$$

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:

$$K_{\text{ДОП}} = 68200 - 4541 = 63659 \text{ руб.}$$

#### 4.7 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:

$$\Delta t_{\text{шт}} = \frac{0,97 - 0,61}{0,97} \cdot 100\% = 37\%$$

Показатель повышения производительности труда вычисляем согласно формуле:

$$П_T = \frac{100 \cdot \Delta t_{\text{шт}}}{100 - \Delta t_{\text{шт}}} \quad (4.29)$$

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

$$П_T = \frac{100 \cdot 37}{100 - 37} = 59\%$$

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:

$$\Delta C_{\text{ТЕХ}} = \frac{910,58 - 627,12}{910,58} \cdot 100\% = 31\%$$

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

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

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

$$\mathcal{E}_{y.g.} = (1877,09 - 1234,92) \cdot 1000 = 642170 \text{ руб.}$$

Срок окупаемости дополнительных капитальных вложений вычисляем согласно формуле:

$$T_{OK} = \frac{K_{доп}}{\mathcal{E}_{y.g.}} \quad (4.32)$$

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

$$T_{OK} = \frac{63659}{642170} = 0,1$$

Годовой экономический эффект в сфере производства вычисляем согласно формуле:

$$\mathcal{E}_g = \mathcal{E}_{y.g.} - E_n \cdot K_{доп} \quad (4.33)$$

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

$$\mathcal{E}_g = 642170 - 0,33 \cdot 63659 = 621162 \text{ руб.}$$

#### **4.8 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 наплавки изделия.

В ходе выполнения расчётов установлено, что проектная технология при внедрении в производство позволит получить положительные эффекты: уменьшить трудоемкость на 37 %, увеличить производительность труда на 59 %, уменьшить технологическую себестоимость на 31 %. Размер расчётной величины условно-годовой экономии составил приблизительно 0,64 млн. рублей.

Размер годового экономического эффекта, оцененный с учетом капитальных вложений в приобретаемое технологическое оборудование, составил 0,62 млн. рублей. Финансовые затраты на капитальные вложения в технологическое оборудование окупятся за 0,1 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 восстановления карданного вала легкового автомобиля.

Базовая технология восстановительной наплавки с применением ручной дуговой наплавки штучными электродами имеет ряд недостатков. Поиск и анализ источников научно-технической информации позволил выделить несколько альтернативных способов восстановительной наплавки:

1) ручная дуговая наплавка с применением штучных электродов; 2) механизированная наплавка с применением порошковых самозащитных проволок; 3) механизированная наплавка в среде защитных газов проволоками сплошного сечения; 4) лазерная наплавка; 5) пламенная наплавка.

На основании анализ преимуществ и недостатков каждого способа принято решение использовать механизированную наплавку в среде защитных газов проволоками сплошного сечения.

На основании современных достижений в области управления горением сварочной дуги предложен оригинальный способ наплавки с импульсным управлением горением дуги.

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 0,62 млн. рублей.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Пастухов, А.Г. Повышение надежности карданных передач трансмиссий сельскохозяйственной техники: Автореф. дис. ... д-ра. тех. наук — М.: ФГОУ ВПО «Московский государственный агроинженерный ун-т им. В.П. Горячкина», 2008. — 34 с.

2. Боряк, К.Ф. Методика вибрационных испытаний на прочность и определения технического состояния карданных валов на стенде «ВИК-4000» / К. Ф. Боряк, Э. А. Зорич, В. А. Калашник, В. И. Силкин // Техническая диагностика и неразрушающий контроль. — 2010. — № 2. — С. 55–60.

3. 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.

4. Потальевский, А.Г. Сварка в защитных газах плавящимся электродом. Часть 1. Сварка в активных газах / А.Г.Потальевский. — Издание 2-е. недоработанное. — К.: Экотехнолопя, 2007. — 192 с.

5. Походня, И.К. Производство порошковой проволоки / И.К. Походня, В.Ф. Альтер, В.Н. Шлепаков и др. — Киев : Вища школа, 1980. — 231 с.

6. 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.

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

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

9. Гладкий, П.В. Плазменная наплавка / П.В. Гладкий, Е.Ф. Переплетчиков, И.А. Рябцев. – К. : Екотехнологія, 2007. – 202 с.
10. Сидоров, А.И. Восстановление деталей машины напылением и наплавкой / А.И. Сидоров. – М. : Машиностроение, 1987. – 192 с.
11. Кудинов, В. В. Нанесение плазмой тугоплавких покрытий / В. В. Кудинов, В. М. Иванов. – М. : Машиностроение. – 1981. – 192 с.
12. Goecke, S. F. Low Energy Arc Joining Process for Materials Sensitive to Heat / S. F. Goecke. – EWM HIGHTEC WELDING GmbH 2005.
13. Jaeschke, B. Speedpulse eine produktivitäts- und effizienzsteigernde Weiterentwicklung des MSG Impulsschweißens / Jaeschke B., Vollrath K. // Schweien und Schneiden. – 2009. – 61. – № 9. – S. 548–553.
14. DeRuntz, B. D. Transfer welding in manufacturing / B. D. DeRuntz // Surface Tension. Selected Paper presented at the National Association of Industrial Technology Conference, Detroit Michigan, 2001. – P. 20–26.
15. Uusitalo, J. Kemppi Pro News – 2006, FastROOT Process / J. Uusitalo. – 2006. – P. 4–8.
16. Schierl, A. The CMT-Process – A Revolution in welding technology / A. Schierl. – Weld. World, 2005, 49, 38. G. Huisman: Direct control of the material transfer, the Controlled Short Circuiting (CSC)-MIG process, ICAWT 2000: Gas Metal Arc Welding for the 21st Century, Dec. 6-8, 2000, Orlando, Florida.
17. Федько, В. Т. Импульсная подача сварочной проволоки с управляемым переносом электродного металла / В. Т. Федько, А. В. Крюков, С. А. Солодский // Наука – Образование – производство: материалы научно-технической конференции. – Нижний Тагил, 2004. – Т.2. – С. 100–103.
18. Lebedev, V.A. Application of mechanical oscillations with controllable parameters for improvement of arc mechanized and automatic arc welding and surfacing using consumable electrode / V.A. Lebedev, S.Yu. Maksimov // Doc.XII-2082-12, Draft Agenda Commission XII «Arc Welding Processes and Production Systems» July 9-11, 2012, Denver, USA.

19. Афанасьев, А. А. Малоинерционный высокоскоростной магнитоэлектрический беспазовый вентильный двигатель / А. А. Афанасьев, А. Г. Бабак, Е. В. Волокитина [и др.] // Электричество. – 2007. – № 4. – С. 28–35.

20. Кусков, Ю.М. Роль неметаллических включений в возникновении трещин при дуговой наплавке / Ю.М. Кусков, Д.П. Новикова, И.Л. Богайчук // Автоматическая сварка. – 2001. – № 10. – С. 18–21.

21. 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.

22. Бабинец, А.А. Влияние способов дуговой наплавки порошковой проволокой на проплавление основного металла и формирование наплавленного металла / А.А. Бабинец, И.А. Рябцев, А.И. Панфилов [и др.] // Автоматическая сварка. – 2016. – № 11. – С. 20–34.

23. Балдаев, Л.Х. Опыт применения технологии лазерной наплавки для реновации уплотнительных поверхностей запорной арматуры / Л.Х. Балдаев, В.С. Степин, О.Е. Грачев, М.А. Киселев // Трубопроводная арматура и оборудование. - № 1. – 2015.

24. Григорьянц, А. Г. Лазерная техника и технология. Способы поверхностной лазерной обработки: Учеб. пособие для вузов / А. Г. Григорьянц, А. Н. Сафонов. – М.: Высш. шк., 1987. – 191 с.

25. Похмурська, Г.В. Утворення тріщин у газотермічних покриттях залежно від умов їх лазерного переплавлення / Г. В. Похмурська // Фізико-хімічна механіка матеріалів. – 2003. № 1. – С. 59–62.

26. 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.



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

28. Белов, С. В. Охрана окружающей среды / С. В. Белов. – М.: Машиностроение, 1990. – 372с.

29. Брауде, М. З. Охрана труда при сварке в машиностроении / М. З. Брауде, Е. И. Воронцова, С. Я. Ландо. – М.: Машиностроение, 1978. – 144 с.

30. Манойлов, В. Е. Основы электробезопасности / В. Е. Манойлов. – Л.: Энергоатомиздат, Ленинградское отделение, 1991. – 480 с.