

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)

15.03.01 «Машиностроение»

(код и наименование направления подготовки / специальности)

«Современные технологические процессы изготовления деталей

в машиностроении»

(направленность (профиль) / специализация)

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)**

на тему Технология восстановления лопаток бетоносмесителя

Обучающийся

Е.В. Кривочкин

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент О.В. Шашкин

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Консультанты

к.э.н., доцент О.М. Сярова

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

к.ф.-м.н., доцент Д.А. Романов

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Тольятти 2023

Аннотация

Настоящая выпускная квалификационная работа посвящена решению вопроса повышения эффективности восстановления деталей машин. В качестве типовой детали рассматривались изношенные лопатки гравитационного смесителя.

При анализе свойств стали 65Г, из которой выполнены лопатки смесителя, сформулированы трудности при восстановительной сварке и наплавке – образование холодных и горячих трещин, разупрочнение металла.

На основании анализа исходных данных и известных решений для восстановления рассматриваемой детали принято решение использовать плазменную наплавку.

При анализе опасных и вредных производственных факторов, которые сопровождают выполнение операций проектного технологического процесса, идентифицированы негативные производственные факторы, предложены технические средства и организационные мероприятия по защите от них.

Выполнена оценка проектной технологии на предмет обеспечения экологической безопасности. Предложены организационные мероприятия по защите окружающей среды от возникающих при реализации проектной технологии негативных антропогенных факторов.

Производительность труда повышается на 270 %. Уменьшение технологической себестоимости составило 59 %. При этом за счёт повышения производительности труда и снижения издержек удалось получить годовой экономический эффект в размере 2,3 млн. рублей.

Результаты настоящей выпускной квалификационной работы рекомендуются к внедрению на предприятиях, которые выполняют восстановление изношенных деталей машин.

Abstract

The title of the graduation work «Concrete Mixer Blade Recovery TechnologyConcrete Mixer Blade Recovery Technology».

In the restoration of machine parts, manual arc surfacing has become widespread, which allows organizing the technological process of restoring a part in the shortest possible time using the equipment already available at the enterprise.

The aim of the work is increasing the productivity and quality of the restoration of concrete mixer blades.

The first task of the final qualifying work is to justify the choice of recovery method. In the course of solving this problem, a list of possible restoration methods should be compiled, the application of which in relation to the part under consideration will be effective.

The second task is to increase the efficiency of the chosen recovery method. At the same time, it is necessary to consider the developments proposed by domestic and foreign researchers - welders.

The third task is to build a design recovery technology. In this case, a list of technological operations that will be performed during the implementation of the process should be given. It is also necessary to formulate the requirements for the performance of each operation and assign the parameters of the processing mode, select the necessary technological equipment.

Labor productivity increases by 270%. The reduction in technological cost amounted to 59%. At the same time, due to the increase in labor productivity and cost reduction, it was possible to obtain an annual economic effect in the amount of 2.3 million rubles.

The results of this final qualifying work are recommended for implementation at enterprises that perform the restoration of worn-out machine parts.

Содержание

Введение	6
1 Современное состояние восстановления лопаток смесителя бетона.	8
1.1 Особенности конструкции и эксплуатации изделия.	8
1.2 Сведения о материале лопаток.	11
1.3 Описание операция базового технологического процесса.	13
1.4 Анализ источников научно-технической информации.	16
1.5 Формулировка задач выпускной квалификационной работы.	18
2 Построение проектной технологии восстановительной наплавки лопаток смесителя.	19
2.1 Обоснование выбора способа восстановительной наплавки.	19
2.2 Повышение эффективности плазменной наплавки.	24
2.3 Описание операций проектного технологического процесса.	29
3 Обеспечение безопасности и экологичности предлагаемых технических решений.	32
3.1 Конструктивно-технологическая характеристика рассматриваемого объекта.	32
3.2 Идентификация профессиональных и производственных рисков.	33
3.3 Методики и технические средства для устранения профессиональных рисков	35
3.4 Пожарная безопасность рассматриваемого технологического объекта.	37
3.5 Вопросы обеспечения экологической безопасности.	39
4 Экономическое обоснование предлагаемых в выпускной квалификационной работе решений.	40
4.1 Анализ исходной информации по базовой и проектной технологиям.	40
4.2 Оценка фонда времени работы оборудования.	42
4.3 Оценка штучного времени при выполнении операций проектного	

и базового вариантов технологии.	43
4.4 Расчёт заводской себестоимости при осуществлении операций технологического процесса по рассматриваемым вариантам.	45
4.5 Капитальные затраты при реализации проектного и базового вариантов технологии.	49
4.6 Показатели экономической эффективности.	51
Заключение	53
Список используемой литературы и используемых источников.	55

Введение

Мировое сообщество практически устранило опасность войн и потрясений, конфликты решаются цивилизованными методами на основе права. Развитие экономик мира и повышение уровня жизни всего населения нашей планеты стали устойчивым трендом. Теперь человечеству осталось решить ряд глобальных проблем, к которым оно не могло подступиться ранее.

Одной из таких насущных проблем является глобальное потепление, которое, как показали современные западные ученые, происходит не только по причине выброса углекислого газа, метана и кишечных газов домашних животных, но и в результате работы машиностроительных и других отраслей. Одним из производств, оставляющих значительный углеродный след, является производство цемента [7], [12].

На первый план выходят вопросы построения ресурсосберегающих и энергосберегающих технологий, которые позволяют снизить негативную нагрузку человека на окружающую среду. Как показывает статистика [23], ежегодные потери металла из-за коррозии и абразивного износа в мировой промышленности составляет около 100 тысяч тонн. При замене изношенных деталей на новые требуется масса металла на порядок больше. Таким образом, для компенсации износа ежегодно приходится выплавлять и обрабатывать дополнительно до 1 миллиона тонн стали. Следует особо отметить, что такая колоссальная масса металла расходуется не на развитие промышленности и построение новых единиц техники и оборудования, а на поддержания старого оборудования в рабочем состоянии.

На основании этого следует сделать вывод о необходимости поиска и разработки технологий восстановления уже имеющихся в производстве изношенных деталей машин. При этом перспективными следует признать технологии восстановительной наплавки, которые стали основными потребителями наукоёмких технических решений [18], [19].

Внедрение технологии восстановления на современном производстве позволяет получить множественный положительный эффект. Во-первых, происходит существенная экономия металла и энергии, так как восстановление детали требует в 10...20 раз меньших затрат материалов и энергии, чем изготовление новой детали. Во-вторых, может быть существенно повышены эксплуатационные свойства деталей машин за счет применения новых перспективных наплавочных материалов. В-третьих, внедрение ремонтных технологий позволяет предприятию высвободить экономические и трудовые ресурсы на дальнейшее развитие производства.

Широкое распространение при восстановлении деталей машин получила ручная дуговая наплавка, которая позволяет организовать технологический процесс восстановления детали в кратчайшие сроки с использованием уже имеющегося на предприятии оборудования.

Однако практический опыт ремонта деталей машин показывает необходимость применения других способов, которые призваны заменить ручную дуговую наплавку [5], [6], [11], [27].

Типовой деталью, подвергающейся в процесс эксплуатации интенсивному износу и требующему восстановления, является лопатка бетоносмесителя, которая выполняется из стали 65Г.

На основании вышеизложенного следует признать актуальность цели настоящей выпускной квалификационной работы – повышение производительности и качества восстановления лопаток смесителя бетона.

Поставленную цель предполагается достигать за счёт обоснованного выбора способа восстановления, позволяющего повысить производительность и качество работ, а также применения средств механизации и автоматизации. При этом основной упор следует делать на отечественные разработки, что позволит обеспечить независимость российской промышленности от иностранных технологий и оборудования [14], [20].

1 Современное состояние восстановления лопаток смесителя бетона

1.1 Особенности конструкции и эксплуатации изделия

На рисунке 1 представлена установка для приготовления бетонной смеси СБ-138. В состав такой установки входит опорная платформа, силос цемента, конвейер, бетоносмеситель, пандус и бункер для накопления материалов. Такая установка применяется для приготовления строительных смесей, при этом она характеризуется простотой сборки, что позволяет организовать переезд установки с места на место. Производительность такой установки составляет порядка 25 кубических метра приготовленной смеси в час, потребляемая мощность составляет 55 кВА. Склад позволяет хранить до 40 тон цемента.

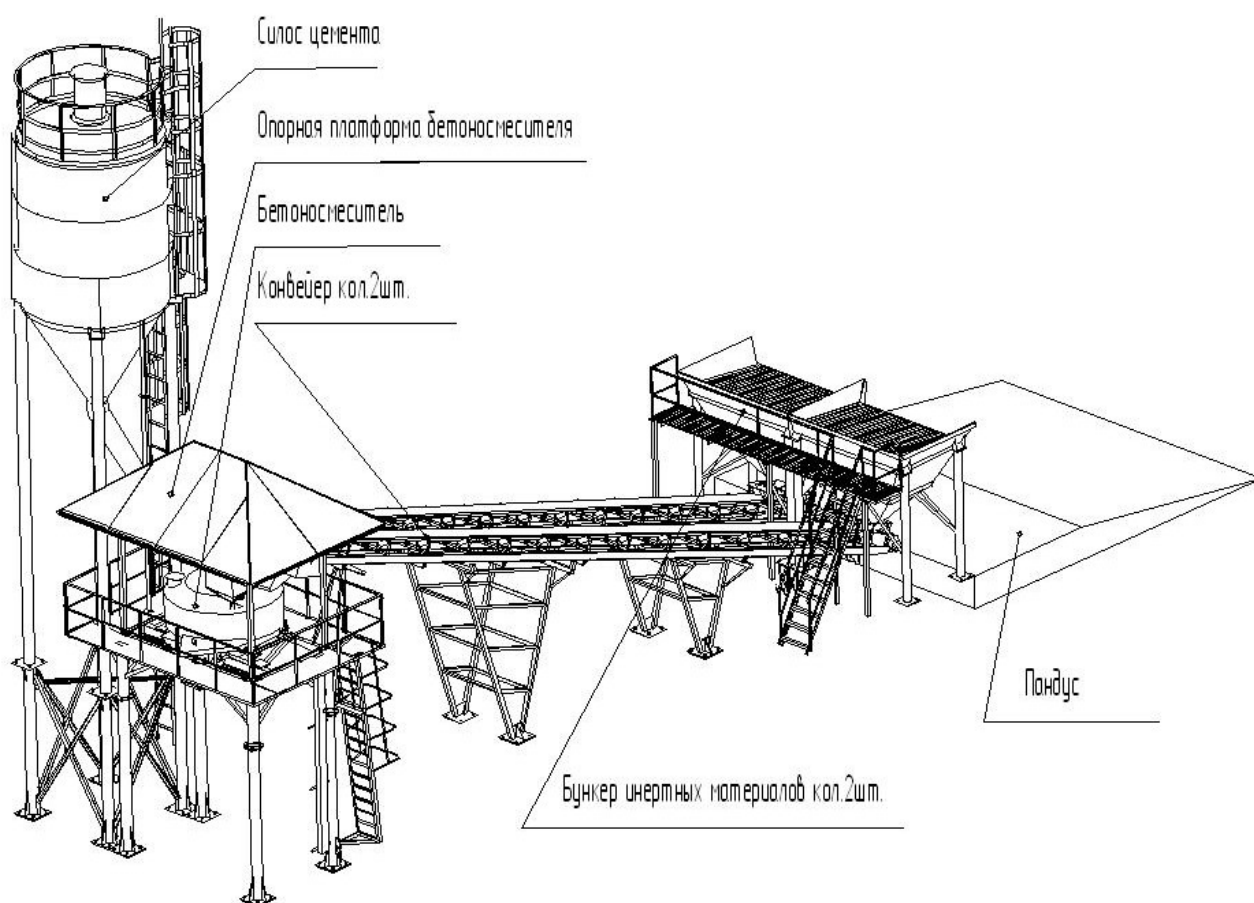


Рисунок 1 – Установка для приготовления бетонной смеси СБ-138

Для работы установки привлекаются два оператора, значительное количество необходимых манипуляций механизировано. Работа установки может проходить в автоматическом режиме.

Для приготовления бетонной смеси служит бетоносмеситель СБ-1348А, который представлен на рисунке 2. В состав смесителя входит электрический двигатель, который снабжён планетарным редуктором; корпус-чаша; ротор, на котором установлены лопасти» затвор, который снабжён пневматическим цилиндром. Для загрузки компонентов в ёмкость смесителя служат приёмные патрубки.

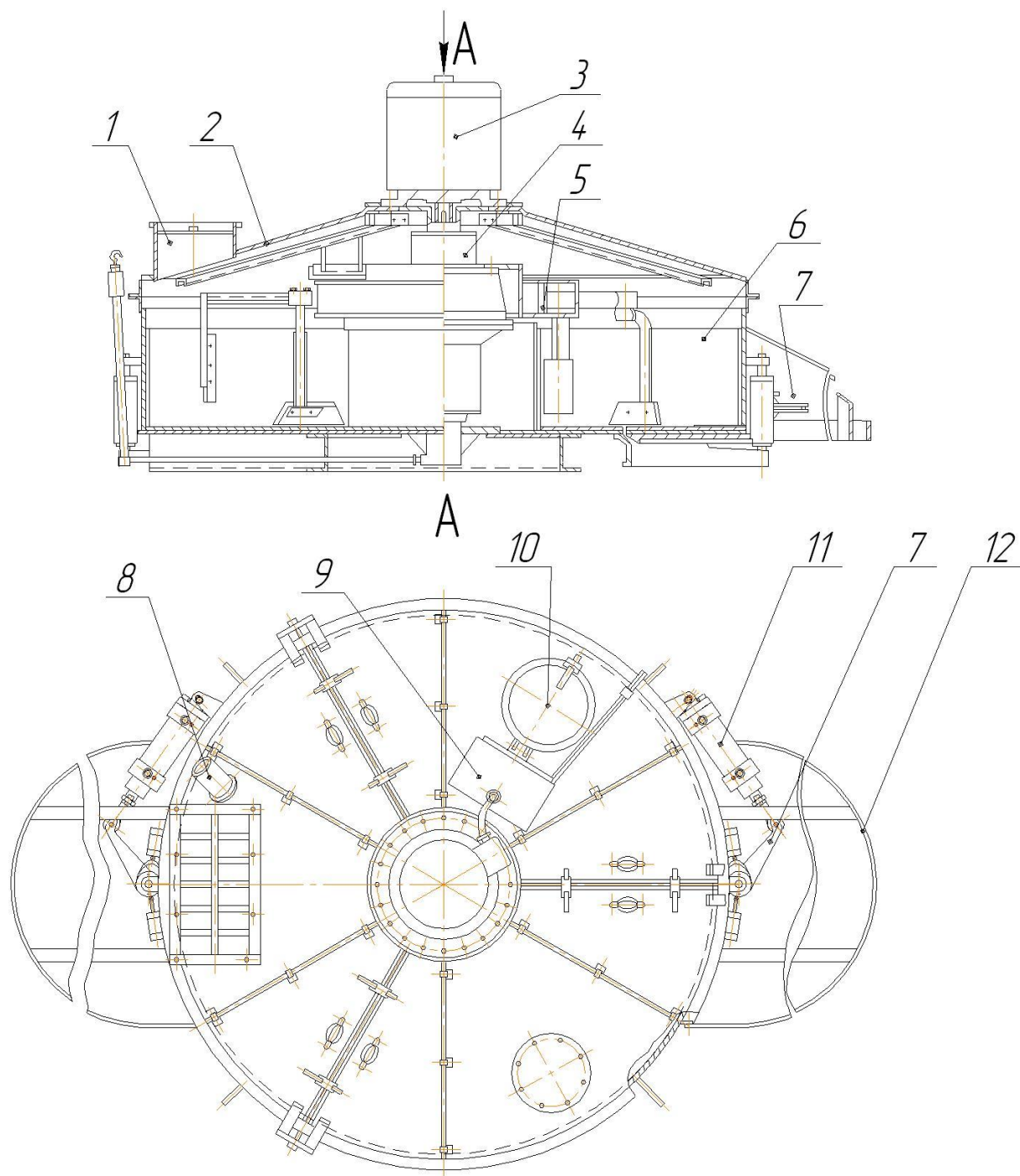


Рисунок 2 – Смеситель СБ-138А

В корпусе смесительного устройства присутствуют две обечайки – внутренняя и внешняя. При помощи брони происходит защита внутренней и внешней обечаек от абразивного изнашивания при работе смесителя. Крепление донной брони выполняется на винтах, поэтому её элементы являются съёмными. Крепление брони стакана и боковой брони внутренней обечайки выполняется на электрозаклёпках, поэтому элементы этой брони являются условно-съёмными. Затвор на корпусе смесителя приводится в движение при помощи пневматического цилиндра.

Чаша смесителя имеет крышку, в которой имеются патрубки для загрузки исходных компонентов и заливки воды. На рисунке 3 представлена схема смесителя СБ-138А. На рисунке 4-а представлен внешний вид ротора смесителя, на котором крепятся лопатки и скребки, представленные на

рисунке 4-б. Лопатки и скребки имеют отверстия, через которые происходит их крепление на роторе и выполняется регулировка положения относительно стенок и дна чаши смесителя. Лопатки и скребки выполняются из стали 65 Г.



1-«загрузочный патрубок; 2-крышка; 3-электродвигатель; 4-редуктор; 5-ротор; 6-чаша; 7-затвор; 8-водопроводный патрубок; 9-пульт управления; 10-смотровой люк; 11-пневмоцилиндр; 12-ограждение затвора» [17]

Рисунок 3 – Схема смесителя СБ-138А

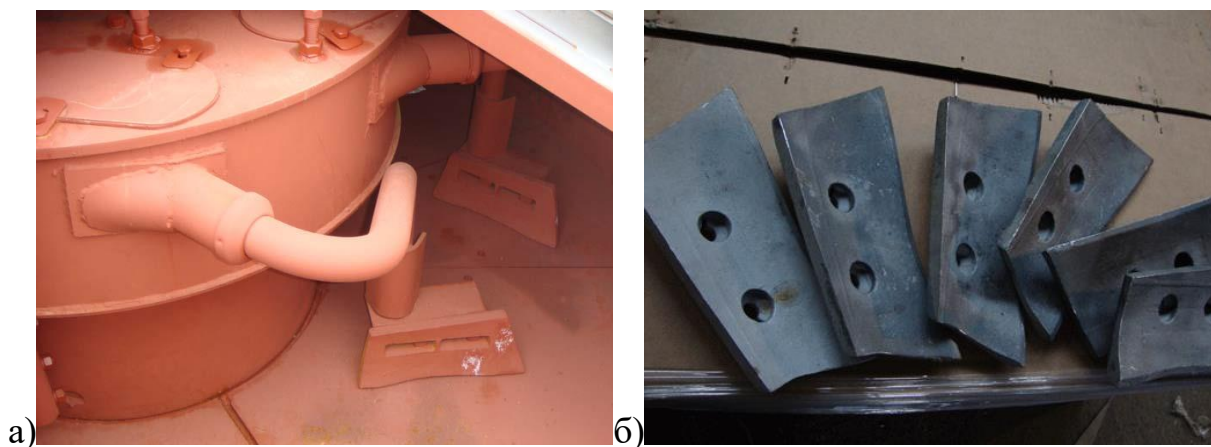


Рисунок 4 – Ротор (а) и лопатки (б) смесителя СБ-138А

При работе смесителя ротор 5 начинает вращение. «После запуска ротора 5 начинается загрузка в чашу смесителя сухих компонентов. Далее через трубу 8 подается необходимое количество воды. За счёт перемещения лопаток ротора происходит равномерное перемешивание компонентов смеси. Выгрузка готовой смеси выполняется через люк 7, которые управляются посредством пневматических цилиндров 11» [31].

Работа смесителя приводит к интенсивному износу лопаток ротора. В работе [24] показано, что лопатки смесителя являются самой быстро изнашиваемой его частью. В результате интенсивного абразивного износа происходит выход лопатки из строя в после 200 часов работы смесителя.

1.2 Сведения о материале лопаток

Для изготовления рассматриваемых в настоящей выпускной квалификационной работе лопаток применяется сталь 65Г. Эта сталь относится к рессорно-пружинной стали. За счёт содержания в такой стали химических элементов, которое представлено в таблице 1, обеспечивается высокая износостойкость в сочетании с малой стоимостью. Сталь 65Г является одной из самых распространённых сталей в машиностроении для изготовления нагруженных деталей машин [21].

Таблица 1 – Содержание химических элементов в стали 65Г

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu
0,62 – 0,7	0,17 – 0,37	0,9 – 1,2	до 0,25	до 0,035	до 0,035	до 0,25	до 0,2

Улучшение механических свойств в стали 65Г по сравнению с низкоуглеродистыми сталями достигается за счёт повышенного содержания в этой стали углерода. Сталь 65Г относится к плохо свариваемым, но применительно к ней могут быть использованы различные способы наплавки и нанесения покрытий. В работах [28], [29], [30] показаны основные трудности при сварке и наплавке стали 65Г, к которым относят горячие трещины, холодные трещины и разупрочнение металла.

Причиной образования горячих трещин является пониженная деформационная способность металла в нагретом состоянии. Переход расплавленного металла из жидкого состояния в твёрдое сопровождается уменьшением его объёма и образованием растягивающих напряжений. Сниженная деформационная способность нагретого металла приводит к растрескиванию в результате действия этих напряжений. Следует учитывать, что термическая обработка сварного шва не снижает вероятности получения горячих трещин, а наоборот, может привести к её повышению. Вероятность образования горячих трещин существенно зависит от особенностей конструкции, так как различные её элементы могут играть роль концентраторов напряжений и способствовать образованию горячих трещин. Также следует соблюдать назначенные параметры режима сварки и технику сварки. При высокой скорости сварки вероятность образования горячих трещин повышается.

В качестве особенности холодных трещин следует указать их замедленное развитие, образование трещины происходит при температуре металла ниже 200 °С. После зарождения холодной трещины, она развивается в течение нескольких часов или даже суток. При этом трещины могут

обнаруживаться как в наплавленном металле, так и в основном металле. Для того, чтобы уменьшить опасность образования в металле холодных трещин при наплавке, проводят низкий отпуск детали после выполнения наплавки. Такая термическая обработка способствует измельчению структуры металла и снятию остаточных напряжений.

Чтобы уменьшить процесс разупрочнения металла при наплавке проводят термическую обработку детали после наплавки по схеме «нормализация + отпуск».

1.3 Описание операция базового технологического процесса

Восстановление лопатки смесителя выполняется с применением ручной дуговой наплавки. В качестве источника питания дуги используется сварочный выпрямитель ВД-301, который представлен на рисунке 5-а. Для регулирования тока применяется балластный реостат РБУ-400, который представлен на рисунке 5-б. Пост для наплавки от остальных участников производственного процесса ограждён светонепроницаемыми экранами. Удаление вредных сварочных аэрозолей происходит за счёт местной вытяжной вентиляции.

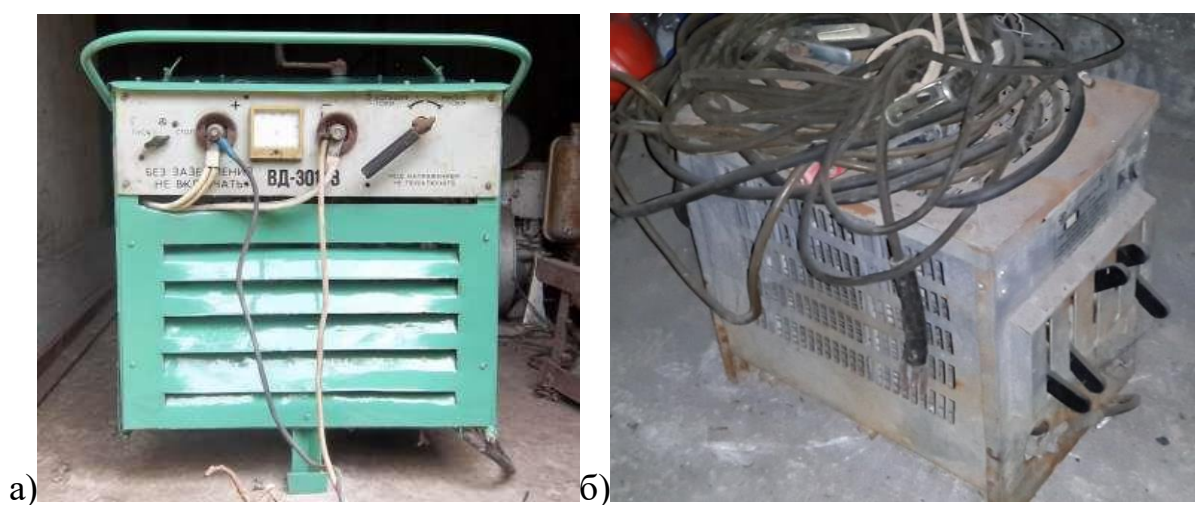


Рисунок 5 – Оборудование для проведения наплавочных работ: выпрямитель ВД-301 (а); балластный реостат РБУ-400 (б)

Перед наплавкой поверхности лопатки следует провести предварительный нагрев. Температура предварительного нагрева составляет 250...230 °С. Нагрев ведут газовым пламенем, контроль температуры выполняют с применением контактной термопары.

Наплавку ведут на постоянном токе обратной полярности, при этом деталь находится в нижнем положении. Задают силу тока наплавки 60...80 А, напряжение на дуге 23 В. Наплавку ведут электродами ESAB ОК 68.81 диаметром 3,2 мм. Наплавку следует выполнять дугой, долина которой не превышает диаметра электрода. Применение для наплавки короткой дуги позволяет уменьшить выгорание легирующих элементов и снизить разбрызгивание электродного металла. Ширина наплавочного валика не должна быть больше 3 мм, при этом следует обеспечить перекрытие валиков на 1/3 от их ширины. Каждый последующий валик следует накладывать после удавления шлака и визуального контроля на отсутствие недопустимых дефектов.

В процессе наплавки необходимо контролировать температуру детали, которая должна быть не ниже 250 °С. В противном случае следует применить сопутствующий подогрев детали.

После выполнения наплавки следует отбить шлак и поместить деталь в предварительно разогретую до температуры 600...700 °С печь СНО 3.6.2/10, которая представлена на рисунке 6. Выполняют высокий отпуск детали в течение времени 0,5 часа.



Рисунок 6 - Электрическая камерная печь СНО 3.6.2/10

После остывания детали проводят контроль качества. Визуальный контроль качества 100 % с применением лупы 4 крат. Проводят контроль визуальный качества на наличие в наплавленном слое трещин, непроваров, выходящих на поверхность пор и раковин.

Далее с использованием твердомера проверяют твёрдость наплавленного слоя, который должен быть 40...45 HRC.

После проведения контроля качества выполняют закалку детали. Для этого применяют печь СНО 3.6.2/10, которая представлена на рисунке 6. Температура нагрева при закалке составляет 810...850 °С, охлаждение при закалке детали выполняют в масле. Температура отпуска после закалки составляет 300...400 °С при длительности выдержки 0,5 часа.

В числе преимуществ базовой технологии наплавки лопаток смесителя следует указать возможность выполнения ремонтной наплавки слоя значительной толщины. Это позволяет с высокой производительностью исправлять износ существенной величины.

Вторым преимуществом является относительная простота и дешевизна применяемого оборудования для наплавки, которое не потребует затрат для приобретения, так как уже имеется на предприятии.

Третьим преимуществом является высокая универсальность применяемой технологии и оборудования, которые могут быть использованы для восстановительной наплавки других деталей.

Кроме того, технология ручной дуговой наплавки хорошо отработана и не требует приобретения дополнительных приборов метрологического обеспечения и переобучения персонала.

Применяемая базовая технология имеет ряд недостатков:

- вредность условий труда сварщика, которому приходится работать в атмосфере сварочного аэрозоля и излучения от дуги;
- увеличение расхода наплавочных материалов из-за затрат на огарки, кроме того, необходимость прерывания горения дуги при смене электрода приводит к снижению производительности и качества.

1.4 Анализ источников научно-технической информации

Для поиска направлений проведения исследований, направленных на повышение эффективности восстановительных работ по отношению к рассматриваемой детали провели поиск и анализ источников научно-технической информации в сети ИНТЕРНЕТ.

В первой источнике [25] научно-технической информации показана эффективность применения механизированной и автоматической наплавки порошковой проволоки при восстановлении деталей машин. Высокая твёрдость и износостойкость наплавленного покрытия достигается за счёт применения порошковой проволоки DT-SG-600. При этом для сварки может быть использовано стандартное оборудование для механизированной сварки, которое уже имеется на современном предприятии. Таким образом, применение восстановительной наплавки порошковой проволокой не потребует значительных расходов на укомплектование предприятия новым оборудованием.

Результаты работы предлагаются к использованию в выпускной квалификационной работе, они будут востребованы при выполнении исполнительского раздела выпускной квалификационной работы, когда будет обосновываться выбор способа восстановительной наплавки.

Во втором источнике [17] научно-технической информации показана высокая эффективность восстановления деталей машин с применением наплавки в защитных газах. Расширение технологических возможностей способа получено за счёт внедрения импульсных алгоритмов подачи электродной проволоки. При этом существенно повышена производительность наплавочных работ и качество наплавленного слоя.

На основании этой работы следует сделать вывод о перспективности импульсного управления сварочной дугой при механизированной сварке и наплавке деталей машин. Результаты работы предлагаются к использованию

в выпускной квалификационной работе для обоснования выбора способа восстановительной наплавки рассматриваемой детали.

В третьем источнике [23] научно-технической информации предложены мероприятия, позволяющие устранить образование трещин при восстановительной наплавке деталей машин с получение наплавленного слоя с составом быстрорежущей стали.

Результаты работы предлагаются к использованию в выпускной квалификационной работе для обоснования выбора способа восстановительной наплавки рассматриваемой детали.

В четвёртом источнике [27] научно-технической информации проведены исследования зависимости структурного состояния наплавленного металла от исходной структуры и состава присадочного порошка ПГ-10Р6М5 при выполнении плазменно-порошковой наплавки. Показана высокая эффективность предлагаемой технологии при восстановительной наплавке

Результаты этой работы будут использованы при обосновании выбора способа восстановления рассматриваемой детали и построении проектной технологии наплавки.

В пятом источнике [9] научно-технической информации обоснование выбора способа восстановления деталей машин рассматривался с точки зрения решения задачи по установлению взаимосвязи между особенностями износа на конкретной детали и технологическим возможностями рассматриваемых способов. Составлены рекомендации по выбору способа восстановления деталей машин применительно к различным вариантам конструкции. Рассмотрены зубчатые передачи, корпусные детали, резьбовые соединения, валы. Предложенный программный продукт позволяет автоматизировать учёт восстанавливаемых деталей.

Результаты работы предлагаются к использованию в выпускной квалификационной работе для обоснования выбора способа восстановительной наплавки рассматриваемой детали.

1.5 Формулировка задач выпускной квалификационной работы

В настоящей выпускной квалификационной работе поставлена цель – повышение производительности и качества восстановления лопаток смесителя бетона.

При анализе свойств стали 65Г, из которой выполнены лопатки смесителя, сформулированы трудности при восстановительной сварке и наплавке – образование холодных и горячих трещин, разупрочнение металла.

При анализе операций базового технологического процесса с применением ручной дуговой наплавки сформулированы недостатки, которые приведены выше.

На основании вышеизложенного можно сформулировать задачи, решению которых будет посвящен исполнительский раздел настоящей выпускной квалификационной работы.

Первой задачей выпускной квалификационной работы является обоснование выбора способа восстановления. В ходе решения этой задачи следует составить список возможных способов восстановления, применение которых по отношению к рассматриваемой детали будет эффективно.

Второй задачей является повышение эффективности выбранного способа восстановления. При этом следует рассмотреть разработки, предложенные отечественными и зарубежными исследователями – сварщиками.

Третьей задачей является построение проектной технологии восстановления. При этом следует дать перечень технологических операций, которые будут выполняться при осуществлении процесса. Также необходимо сформулировать требования к выполнению каждой операции и назначить параметры режима обработки, выбрать необходимое технологическое оборудование.

2 Построение проектной технологии восстановительной наплавки лопаток смесителя

2.1 Обоснование выбора способа восстановительной наплавки

В ходе выполнения анализа состояния вопроса, представленного в первом разделе настоящей выпускной квалификационной работы, можно указать способы восстановительной наплавки, которые могут оказаться эффективными применительно к рассматриваемой детали:

- ручная дуговая наплавка,
- наплавка порошковой самозащитной проволокой,
- наплавка в защитном газе проволокой сплошного сечения,
- плазменная наплавка.

В работах [2], [5], [10] представлены критерии, по которым следует выполнять выбор способа восстановительной наплавки деталей машин. Применяемые способы наплавки имеют различия по толщине слоя наплавки и производительности, что показано в таблице 2, в которой представлены сравнительные характеристики различных способов наплавки. При выборе способа восстановительной наплавки следует учитывать характер и величину износа, особенности эксплуатации детали, возможности технологические и финансовые возможности предприятия.

Таблица 2 – Сравнительная характеристика способов наплавки [4]

Способ наплавки	Производительность, кг/ч	Доля основного металла, %	Толщина наплавленного слоя, мм
«Газовая с присадкой прутков или проволоки	0,5-1,5	1	0,8-5,0
Аргонно-дуговая неплавящимся электродом	1,0-7,0	10-30	2,5-5,0
Плавящимся электродом в защитном газе	1,5-9,0	30-60	3,0-5,0
Ручная дуговая, покрытыми электродами	0,8-3,0	20-50	2,0-5,0
Плазменная порошковая» [4]	0,8-6,0	5-15	0,3-6,0

Ручная дуговая наплавка, схема проведения которой представлена на рисунке 7, позволяет выполнять наплавку слоев значительной толщины. Это повышает производительность при исправлении износа существенной величины. Также следует отметить относительную простоту и дешевизну применяемого оборудования для наплавки. При построении технологического процесса ручной дуговой наплавки не потребуется дополнительных затрат для приобретения оборудования, так как оно уже имеется на предприятии. Третьим преимуществом является высокая универсальность применяемой технологии и оборудования, которые могут быть использованы для восстановительной наплавки других деталей.

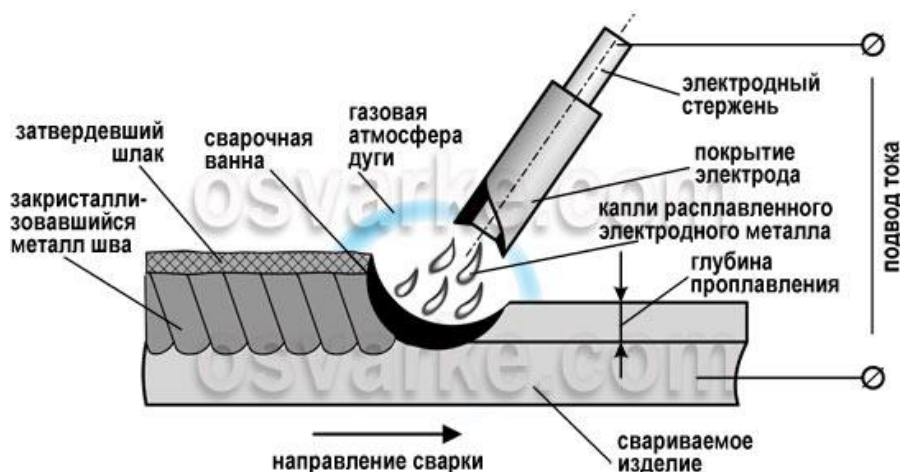
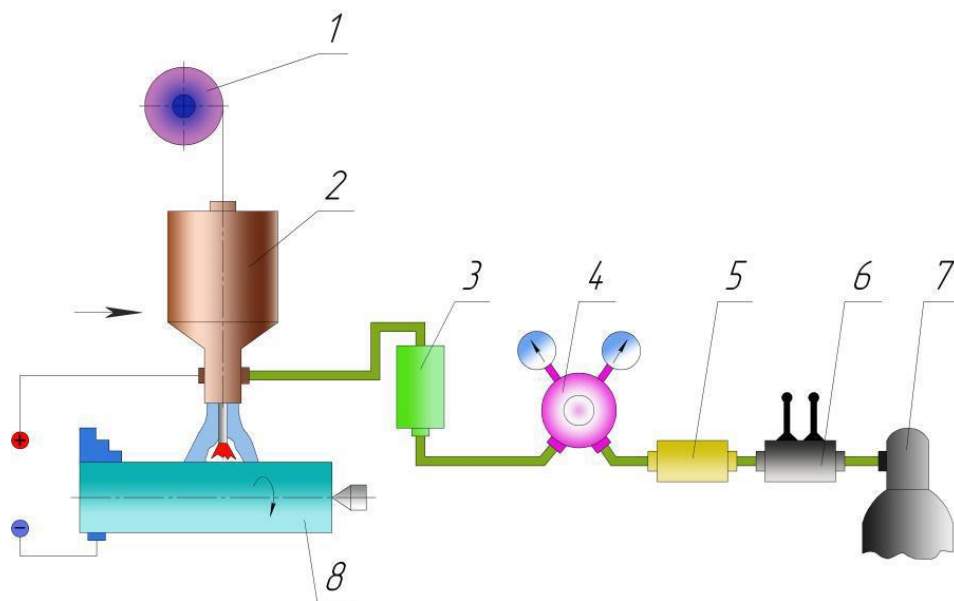


Рисунок 7 – Схема выполнения ручной дуговой наплавки

Ручная дуговая наплавка в настоящее время уступает свои позиции другим способам, что объясняется множественными недостатками ручной дуговой наплавки.

Первым недостатком является вредность условий труда сварщика, которому приходится работать в атмосфере сварочного аэрозоля и излучения от дуги. Вторым недостатком следует указать увеличение расхода наплавочных материалов из-за затрат на огарки, кроме того, необходимость прерывания горения дуги при смене электрода приводит к снижению производительности и качества наплавки. Третьим недостатком является малая стабильность качества, имеющая прямую зависимость от квалификации сварщика.

Наплавка в защитных газах проволокой сплошного сечения, схема выполнения которой представлена на рисунке 8, может считаться одним из самых технологичных способов. При этом способе обеспечивается высокая скорость выполнения наплавки, особенно в несколько слоёв, так как нет необходимости очищать каждый слой от шлака. Следует отметить существенное улучшение условий труда сварщика по сравнению с ручной дуговой наплавкой. Повышается качество наплавленного слоя благодаря отсутствию включений и пор в наплавленном металле.



1 – механизм подачи проволоки, 2 – наплавочная головка, 3 – расходомер, 4 – редуктор, 5 – осушитель, 6 – подогреватель, 7 – баллон с газом, 8 – деталь

Рисунок 8 – Схема выполнения наплавки в углекислом газе

Следует отметить недостатки наплавки проволокой сплошного сечения в защитных газах. Первым недостатком является высокое разбрызгивание электродного металла при применении форсированных режимов. Вторым недостатком является высокая стоимость и сложность изготовления проволоки сплошного сечения при необходимости использования проволоки со специфическим химическим составом. Третьим недостатком является низкая пространственная устойчивость дуги, что отрицательно сказывается на качестве наплавки.

Схема наплавки порошковыми проволоками представлена на рисунке 9. Наплавка с применением порошковой проволоки позволяет существенно повысить производительность по сравнению с ручной наплавкой и мобильность по сравнению с наплавкой в защитных газах. При наплавке порошковой проволокой обеспечивается хорошее растекание расплавленного металла и шлака. Возможность сложного легирования наплавленного слоя позволяет существенно повысить эксплуатационные свойства детали после наплавки и увеличить время между ремонтами.

Для выполнения наплавки порошковыми проволоками может применяться стандартное оборудование для механизированной сварки и наплавки, которое уже имеется на предприятии. Поэтому построение технологического процесса не потребует затрат на приобретение нового оборудования.

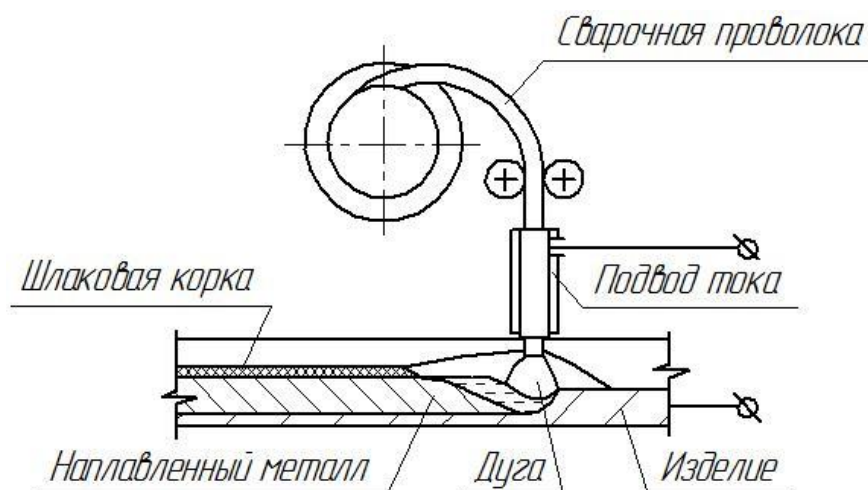
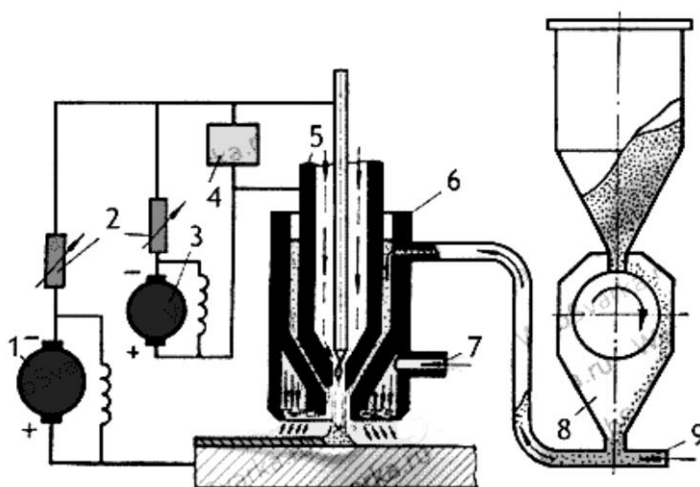


Рисунок 9 – Схема выполнения наплавки самозащитной порошковой проволокой

Главным недостатком наплавки самозащитной проволокой является неравномерность плавления оболочки проволоки и порошкового наполнителя, что вызывает осыпание нерасплавленного флюса в сварочную ванну, образование пор и шлаковых включений. Кроме того, при наплавке порошковой проволокой наблюдается повышенная текучесть расплавленного металла, из-за чего возможно получение непроваров. Также порошковая проволока из-за своей мягкости застревает в подающем механизме.

На рисунке 10 представлена схема выполнения плазменной наплавки, применение которой при восстановлении деталей машин позволяет получать самую высокую производительность, достигающую 6 кг в час. При плазменной наплавке удаётся получить наплавляемый слой с самой высокой долговечностью. Также следует принимать во внимание, что плазменная наплавка характеризуется самой высокой экономичностью по сравнению с другими рассмотренными способами восстановления деталей машин, так как позволяет использовать порошки меньшей стоимости при получении аналогичного эффекта.



1 – «источник питания дуги прямого действия; 2 – балластные сопротивления; 3 – источник питания дуги косвенного действия; 4 – осциллятор 5 – сопло для плазмообразующего газа; 6 – корпус горелки; 7 – отверстие для ввода защитного газа; 8 – питатель для подачи порошка; 9 – трубка, по которой подается газ, несущий порошок» [32]

Рисунок 10 – Схема выполнения плазменной наплавки

Следует отметить недостатки плазменной наплавки, из-за которых ограничивается применение этого перспективного способа восстановления деталей машин [32], [33].

Первым недостатком является высокая интенсивность нагрева сжатой дугой, который происходит на малой площади. В результате возможно образование значительных остаточных напряжений и коробление детали. Вторым недостатком является сложность применяемого оборудования и необходимость проработки вопроса выбора присадочного порошка [24], [35].

На основании сформулированных ранее преимуществ и недостатков каждого способа следует выполнить экспертную оценку по критериям, сформулированным в работах [2], [4].

В качестве критериев оценки выступают:

- стоимость применяемого в технологическом процессе оборудования и материалов,
- производительность процесса восстановления,
- качество проводимых работ и дефектность,
- условия труда сварщика,
- эксплуатационные качества восстановленного изделия.

На основании вышеизложенного проектную технологию восстановления предлагается строить на базе плазменной наплавки.

2.2 Повышение эффективности плазменной наплавки

На рисунке 11 представлена схема плазменной наплавки с введением двух присадочных проволок, которые подключают к дополнительному источнику тока. Наплавку выполняют с применением плазматрона (обозначен на схеме позицией 3), к которому подведён плазмообразующий газ ПГ, водяное охлаждение В и защитный газ ЗГ. Между электродом и деталью (обозначена на схеме позицией 5) горит дуга прямого действия, которая питается от источника постоянного тока (обозначен на схеме позицией 4). В хвостовую часть ванны подают две присадочные проволоки (обозначены на схеме позицией 1). Посредством токоподводов (обозначены на схеме позицией 6) к проволокам подают подогревающий ток от источника переменного тока (обозначен на схеме позицией 2). Подачу проволок обеспечивает механизм подачи (обозначен на схеме позицией 7).

Такая схема позволяет повысить производительность наплавки до 30 кг в час.

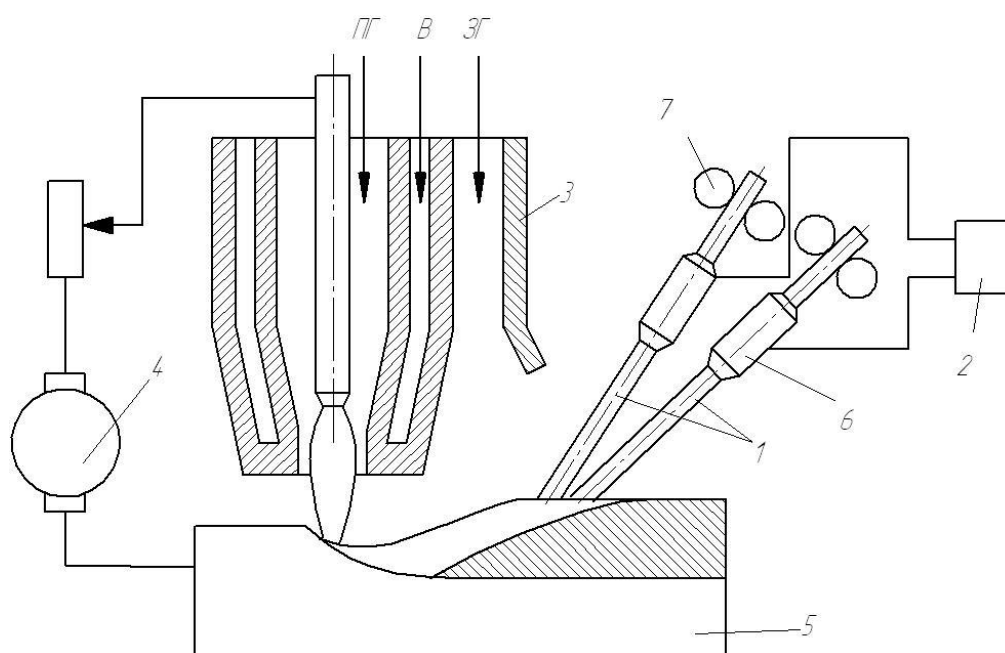


Рисунок 11 – Схема выполнения плазменной наплавки двумя проволоками

На рисунке 12 представлена схема выполнения комбинированной наплавки, который совмещает плазменную наплавку и наплавку проволокой сплошного сечения. Между неплавящимся вольфрамовым электродом (обозначен на схеме позицией 3) и деталью (обозначена на схеме позицией 10) горит сжатая дуга, формируемая соплом (обозначено на схеме позицией 7). Питание сжатой дуги обеспечивают источником с падающей характеристикой (обозначен на схеме позицией 2), который включен последовательно с осциллятором (обозначен на схеме позицией 1). Через сопло 7 дополнительно подают плавящуюся проволоку (обозначена на схеме позицией 4), к которой через токоподвод (обозначен на схеме позицией 5) подают напряжение от источника постоянного тока с жёсткой характеристикой (обозначен на схеме позицией 6). В результате при наплавке горит две дуги: сжатая дуга (обозначена на схеме позицией 8) и наплавочная дуга (обозначена на схеме позицией 9).

Такой комбинированный способ наплавки позволяет увеличить производительность до 30 кг в час. При этом существует возможность регулирования параметров наплавки в широких пределах [36].

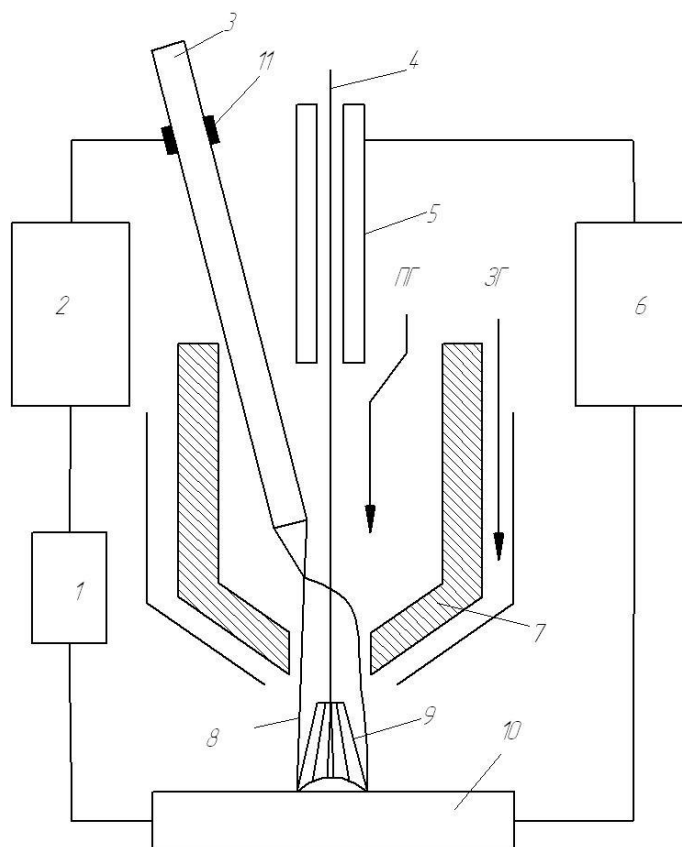


Рисунок 12 – Схема плазменной сварки-наплавки плавящимся электродом

На рисунке 13 представлена схема выполнения способа плазменной наплавки с применением двух автономных проволок. При этом способе применяется два источника постоянного тока. Первый источник тока (обозначен на схеме позицией 1) подключен к вольфрамовому электроду (обозначен на схеме позицией 3) и детали (обозначена на схеме позицией 8). Этот источник тока обеспечивает питание сжатой дуги. Вторым источником тока (обозначен на схеме позицией 2) подключается к неплавящемуся электроду 3 и плавящимся проволокам (обозначены на схеме позицией 5). Подвод тока к проволокам 5 выполняется через скользящие контакты (обозначены на схеме позицией 7), подача проволок выполняется механизмами подачи (обозначены на схеме позицией 6). В плазматрон (обозначен на схеме позицией 4) подаю плазмообразующий ПГ и защитный ЗГ газы.

Такой способ позволяет за один проход наплавить слой толщиной 3...8 мм.

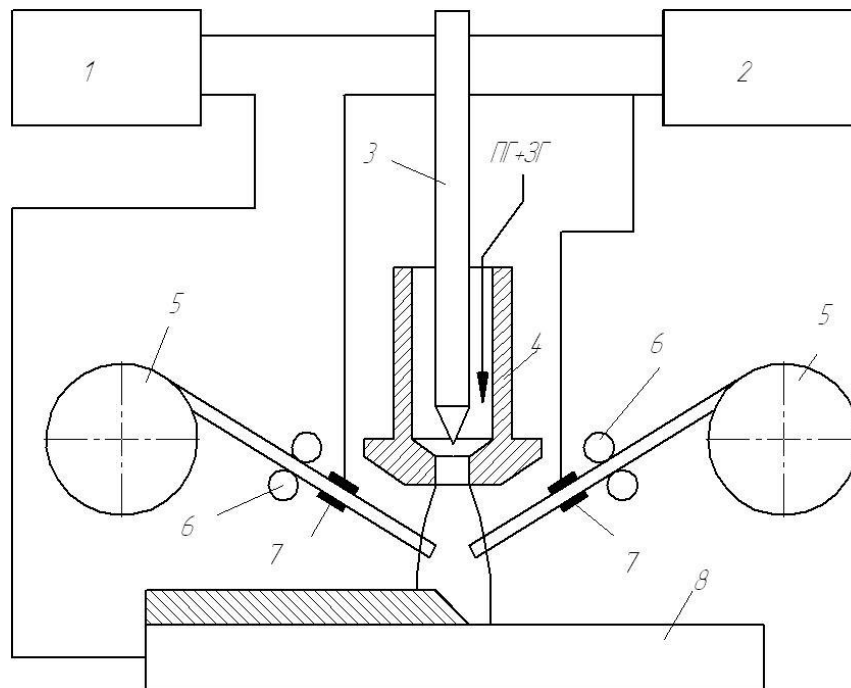


Рисунок 13 – Схема плазменной наплавки двумя присадочными проволоками

Для повышения технологических возможностей плазменной наплавки предлагается применить разработку отечественных инженеров-сварщиков [1], схема которой представлена на рисунке 14.

При наплавке происходит горение двух дуг. Основная дуга (обозначена на схеме позицией 1) горит между неплавящимся электродом (обозначен на схеме позицией 2) и деталью (обозначена на схеме позицией 3). Дополнительная дуга (обозначена на схеме позицией 4) горит между электродом (обозначен на схеме позицией 5) и деталью 3. Питание основной дуги 1 и дополнительной дуги 2 осуществляется источниками постоянного тока (обозначены на схеме позициями 7 и 8). После возбуждения дуг в факел основной дуги 1 подают присадочную проволоку (обозначена на схеме позицией 6). Отношение мощности основной дуги к мощности дополнительной дуги должно составлять $1,3 \dots 1,8$. Определяют среднее арифметическое $d_{\text{ср.ст}}$ диаметра столба основной дуги $d_{\text{ст.осн}}$ и диаметра столба дополнительной дуги $d_{\text{ст.доп}}$:

$$d_{\text{но.но.}} = \frac{d_{\text{но.и.н.}} + d_{\text{но.а.и.}}}{2}, \quad (1)$$

Расстояние L между дугами задают в диапазоне $2 \dots 3,2 d_{\text{ст.сп.}}$:

$$L = (2 \dots 3,2) d_{\text{ст.сп.}} \quad (2)$$

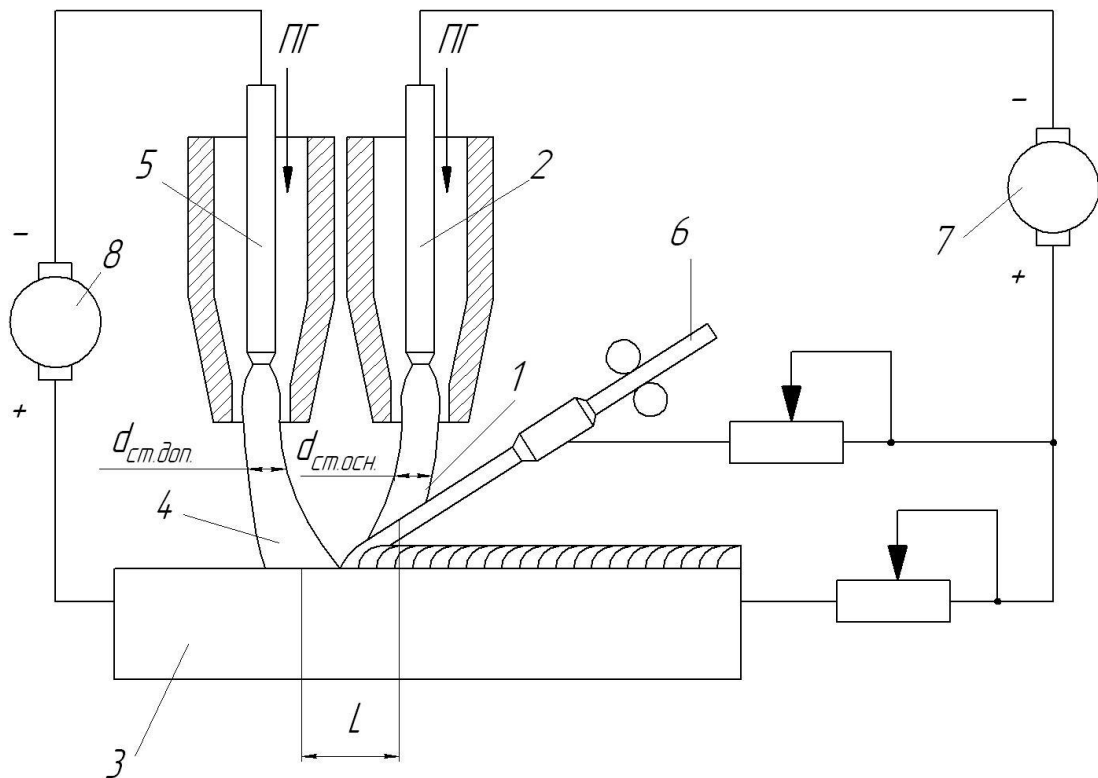


Рисунок 14 – Предлагаемый способ плазменной наплавки [33]

За счёт электромагнитного взаимодействия основной дуги и дополнительной дуги появляется возможность регулирования вложения тепла в основной металл и присадочный металл. При уменьшении мощности дополнительной дуги она отклоняется в сторону основной дуги, из-за чего вложение тепла в присадочный металл увеличивается. При увеличении мощности дополнительной дуги она отклоняется в обратную сторону, нагревая основной металл.

В таблице 3 представлены данные по особенностям протекания процесса наплавки в зависимости от отношения мощности $W_{\text{осн}}$ основной дуги и мощности $W_{\text{доп}}$ дополнительной дуги. Как видно, уменьшение мощности дополнительной дуги менее 1,3 от мощности основной дуги

вызывает несплавление наплавленного и основного металлов и образованию значительного числа дефектов. Это происходит по причине того, что малая мощность дополнительной дуги вызывает её приближение к основной дуге и повышенный нагрев присадочной проволоки при незначительном нагреве основного металла [27], [34].

Таблица 3 – Влияние отношения мощностей $W_{\text{доп}}/W_{\text{осн}}$ на наплавку

Ток основной дуги, А	Ток дополнительной дуги, А	$W_{\text{доп}}/W_{\text{осн}}$	Скорость наплавки, м/ч	Доля участия основного металла, %	Производительность наплавки, кг/ч
240	260	1,1	7	0...5	15...17
230	270	1,3	8	4...8	14...15
210	290	1,6	9	5...10	13...15
200	300	1,8	10	8...12	12...14
190	310	2,0	11	15...20	8...10

При увеличении мощности дополнительной дуги более 1,8 от мощности основной дуги наблюдается резкое увеличение расплавления основного металла и снижение производительности наплавки. При этом доля основного металла в наплавленном слое увеличивается.

2.3 Описание операций проектного технологического процесса

Проектная технология восстановительной наплавки лопаток смесителя предусматривает выполнение следующих операций: «дробеструйная обработка, предварительный подогрев, наплавка, высокий отпуск, контроль качества, закалка» [22].

При выполнении первой операции применяется мобильная дробеструйная установка, представленная на рисунке 15, с ёмкостью бака 100 или 200 литров производства Wheelabrator Group. Скорость выхода дроби составляет $V_d = 100...120$ м/с, расход дроби составляет 200...230 кг/мин. Диаметр дроби 1,2 мм, твёрдость дроби – 43 HRC.



Рисунок 15 – Мобильные дробеструйные установки

Вторая операция (предварительный подогрев) выполняется для того, чтобы исключить образование трещин при наплавке. Для предварительного подогрева предлагается использовать электрическую камерную печь СНО 3.6.2/10. Температура предварительного подогрева - 250...300 °С.

Третья операция (наплавка) проводится при токе основной дуги 220...230 А, токе дополнительной дуги – 260...270 А. Расход плазмообразующего газа составляет 1,5...2,5 л/мин. Расход защитного газа составляет 16...20 л/мин. Скорость наплавки составляет 7...8 м/час. Горелку при наплавке на деталь ведут на расстоянии 10...18 мм от сопла горелки до детали с поперечными колебаниями с частотой 40...100 колебаний в минуту. Расход охлаждающей воды составляет 5 литров в минуту.

Наплавку ведут присадочной проволокой Св-Х12МФ, состав которой представлен в таблице 4. Проволока позволяет получать наплавленный слой с хорошим сопротивлением абразивному износу.

Таблица 4 – Содержание химических элементов в проволоке Св-Х12МФ

Fe	C	Cr	W	Mo	V	Co	Si	Mn	Ni	S	O
Осн.	1,5	12	-	0,5	0,3	-	-	0,4	0,4	0,03	0,03

После выполнения наплавки следует отбить шлак и поместить детали в порошок древесного угля, после чего поместить в предварительно

разогретую до температуры 600...700 °С печь СНО 3.6.2/10. Выполняют высокий отпуск детали в течение времени 0,5 часа.

После остывания детали проводят контроль качества. Визуальный контроль качества 100 % с применением лупы 4 крат. Проводят контроль визуальный качества на наличие в наплавленном слое трещин, непроваров, выходящих на поверхность пор и раковин.

Далее с использованием твердомера проверяют твёрдость наплавленного слоя, который должен быть 40...45 HRC.

После проведения контроля качества выполняют закалку детали. Для этого применяют печь СНО 3.6.2/10. Температура нагрева при закалке составляет 810...850 °С, охлаждение при закалке детали выполняют в масле. Температура отпуска после закалки составляет 300...400 °С при длительности выдержки 0,5 часа. Твёрдость наплавленного слоя после закалки и отпуска должна составлять порядка 65...70 HRC.

В ходе выполнения настоящего раздела выпускной квалификационной работы решались задачи, поставленные в первом разделе.

Дальнейшее выполнение выпускной квалификационной работы предусматривает разработку оценочного блока [13] в котором предстоит оценить экологичность предложенных в работе решений и дать оценку на предмет обеспечения безопасности труда [3], [8].

Также при выполнении оценочного блока предстоит оценить возможный экономический эффект при внедрении предлагаемых решений в производство [15], [16].

3 Обеспечение безопасности и экологичности предлагаемых технических решений

3.1 Конструктивно-технологическая характеристика рассматриваемого объекта

В ходе выполнения настоящей выпускной квалификационной работы решались задачи, повышения эффективности восстановления деталей машин. В качестве типовой детали рассматривались изношенные лопатки гравитационного смесителя. На основании анализа исходных данных и известных решений для восстановления рассматриваемой детали принято решение использовать плазменную наплавку.

Применение предлагаемых в настоящей выпускной квалификационной работе технических решений повлекло за собой изменение технологического процесса. В свою очередь это может привести к возникновению новых опасных производственных факторов. Защита от этих факторов должна быть выполнена в настоящем разделе выпускной квалификационной работы.

Особенности выполнения проектной технологии восстановительной наплавки представлены в таблице 5.

Первой операцией проектного технологического процесса является дробеструйная очистка. Для выполнения этой операции применяется дробеметная камера и дробемёт. Второй операцией проектного технологического процесса является предварительный подогрев. Для выполнения этой операции применяется электрическая печь. Третьей операцией проектного технологического процесса является наплавка. Для её выполнения применяется установка плазменной наплавки. Четвертой операцией проектного технологического процесса является высокий отпуск. Для её выполнения применяется электрическая печь. Пятой операцией проектного технологического процесса является контроль качества. Для её выполнения применяется набор визуально-измерительного контроля и

твердомер. Шестой операцией проектного технологического процесса является закалка. Для её выполнения применяется электрическая печь и твердомер.

Таблица 5 – Особенности выполнения операций проектного технологического процесса

Наименование технологической операции в соответствии с проектным процессом	Привлекаемый для выполнения операции персонал	Перечень применяемого на операции технологического оборудования	Применяемые материалы и вещества
1) «Дробеструйная очистка	Слесарь-сборщик	- дробемёт, - дробемётная камера	- дробь, - воздух сжатый
2) Предварительный подогрев	Контролёр по термообработке	- печь, - поддон	-
3) Плазменная наплавка	Электросварщик на автоматических и полуавтоматических машинах	- установка плазменной наплавки, - пирометр, - фиксатор детали	- аргон, - вода, - наплавочная проволока
4) Высокий отпуск	Контролёр по термообработке	- печь, - поддон, - контейнер	порошок древесного угля
5) Контроль качества	Инженер - дефектоскопист	- лупа, - твердомер	-
6) Закалка» [23]	Контролёр по термообработке	- печь, - поддон, - контейнер, - твердомер	-

Представленные в таблице 5 особенности выполнения операций технологического процесса позволят в дальнейшем идентифицировать опасные производственные факторы и предложить методы защиты от них.

3.2 Идентификация профессиональных и производственных рисков

При проведении операций технологического процесса, который был разработан в ходе выполнения настоящей выпускной квалификационной работы, возникают профессиональные и производственные риски,

источником которых являются опасные и вредные факторы. Наличие этих факторов обусловлено особенностями выполнения каждой операции технологического процесса, которые были рассмотрены выше. В таблице 6 представлены результаты идентификации возникающих профессиональных рисков.

Таблица 6 – Выявление и анализ источников возникновения производственных рисков

Наименование операции в	Формулировка вредного или опасного фактора, который возникает в процессе выполнения данной операции технологического процесса
Дробеструйная очистка	- острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; - движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; - повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны;
Предварительный подогрев	- повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека ; - повышенная температура поверхностей оборудования, материалов
Плазменная наплавка	- повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека - повышенная температура поверхностей оборудования, материалов; - ультрафиолетовое излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений; - инфракрасное излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений уровня инфракрасной радиации
Высокий отпуск	- повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека ; - повышенная температура поверхностей оборудования, материалов
Контроль качества	- ультразвуковое излучение в рабочей зоне сверх значений безопасных для здоровья.
Закалка	- повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека ; - повышенная температура поверхностей оборудования, материалов

Выявленные негативные факторы ранее возникали в других технологических процессах, являются известными и могут быть устранены. Дальнейшие работы предусматривают обоснование выбора стандартных методик и технических средств. В крайнем случае, необходимо будет предусмотреть разработку специализированных методик.

3.3 Методики и технические средства для устранения профессиональных рисков

На основании результатов исследований проектного технологического процесса на предмет выявления производственных и профессиональных рисков выделено семь негативных производственных факторов:

- острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования,
- движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования,
- повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны,
- повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека,
- повышенная температура поверхностей оборудования, материалов,
- инфракрасное излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений уровня инфракрасной радиации,
- ультразвуковое излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений.

Ранее выполненная идентификация профессиональных рисков позволяет выработать решения по обеспечению безопасности производственного процесса, которые представлены в таблице 7.

Для защиты от негативных производственных факторов предлагается проведение организационных мероприятий, применение защитных методик и технических средств.

Помимо технических средств и организационных мероприятий обеспечивается индивидуальная защита персонала. Индивидуальная защита работников обеспечивается также за счёт оснащения их средствами индивидуальной защиты: специальная одежда, перчатки, защитные очки, индивидуальные средства защиты дыхательных путей, резиновые коврики.

Таблица 7 – Предлагаемые методики и технические средства для обеспечения производственной безопасности

Формулировка вредного или опасного фактора, который возникает в процессе выполнения данной операции технологического процесса	Перечень организационных мероприятий и технических средств, обеспечивающих устранение вредного производственного фактора	Средства индивидуальной защиты
1) острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования	1) организация и проведение периодического инструктажа работников на предмет соблюдения техники безопасности 2) оснащение рабочих мест предупреждающими плакатами и табличками	Специальная одежда, перчатки, защитные очки
2) движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования	1) оснащение рабочих мест предупреждающими плакатами и табличками 2) устройства защитного отключения привода станков 3) ограничение проникновения персонала в опасную зону применением ограждений	Специальная одежда, перчатки, защитные очки
3) повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны	устройства местного удаления загрязненного воздуха и общеобменной вентиляции	Индивидуальные средства защиты дыхательных путей
4) повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	1) контроль изоляции и заземления 2) организация и проведение периодического инструктажа работников на предмет соблюдения техники безопасности 3) защитное заземление, защитное отключение	Специальная одежда, перчатки, резиновые коврики
5) повышенная температура поверхностей оборудования, материалов	1) организация и проведение периодического инструктажа работников на предмет соблюдения техники безопасности 2) оснащение рабочих мест предупреждающими плакатами и табличками	Специальная одежда, перчатки
6) инфракрасное излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений уровня инфракрасной радиации	1) ограничение проникновения персонала в опасную зону применением ограждений 2) защитные экраны	Специальная одежда, перчатки, защитные маски
7) ультрафиолетовое излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений	1) ограничение проникновения персонала в опасную зону применением ограждений 2) защитные экраны	Специальная одежда, перчатки, защитные маски

Для защиты от негативных производственных факторов предлагается проведение организационных мероприятий, применение защитных методик и технических средств.

Представленные в таблице 7 технические средства и мероприятия позволяют устранить негативные производственные факторы и обеспечить требуемую безопасность персонала при выполнении проектного технологического процесса.

3.4 Пожарная безопасность рассматриваемого технологического объекта

При выполнении операций предлагаемого проектного технологического процесса кроме возникновения негативных производственных факторов существует опасность возникновения пожара. В первую очередь это связано с тем, что сварочные и наплавочные работы являются источником высокой температуры и излучения. Для защиты предприятия от возможного возникновения пожара следует идентифицировать опасные факторы возможного пожара на рассматриваемом производственном участке, что показано в таблице 8.

Таблица 8 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

Наименование участка	Участок, на котором осуществляется ремонтная наплавка
Наименование оборудования	моечная машина, воздушный компрессор, наплавочная установка, дробеструйная камера, электрическая печь
Классификация по виду горящего вещества	пожары, которые происходят за счет воспламенения и горения веществ и материалов на электроустановках, запитанных электрическим напряжением (Е)
Наименование основных опасных факторов пожара	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.
Наименование вторичных опасных факторов пожара	Короткие замыкания на оборудовании, запитанном высоким электрическим напряжением; действие на людей, находящихся в районе возгорания продуктов разложения составов, используемых для пожаротушения

Основными негативными факторами возможного пожара являются тепловой поток, разлетающиеся искры, повышенная температура воздуха, открытое пламя, токсические продукты термического разложения и горения, плохая видимость вследствие задымления, снижение концентрации кислорода в воздухе.

Также следует указать на наличие сопутствующих отрицательных проявлений пожара, к которым относят нарушение целостности изоляции и

порчу электрического оборудования, отравление персонала используемыми при тушении химическими веществами, порчу оборудования используемыми при тушении химическими веществами.

В таблице 9 приведены технические средства по устранению этих факторов.

Таблица 9 – Технические средства, обеспечивающие устранение опасных факторов при пожаре

Первичные средства пожаротушения	Емкость с песком, переносные углекислотные огнетушители.
Мобильные средства пожаротушения	Специализированные расчеты (вызываются)
Стационарные установки системы пожаротушения	Нет необходимости
Средства пожарной автоматики	Установки пожарной сигнализации, пожарного оповещения
Пожарное оборудование	Пожарный кран
Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре	План эвакуации
Пожарный инструмент (механизированный и немеханизированный)	Ведро конусное, лом, лопата штыковая
Пожарные сигнализация, связь и оповещение	Кнопка оповещения, звуковые оповещатели, речевые оповещатели, световые оповещатели

На основании данных таблицы 8 возможный пожар, который может произойти на рассматриваемом производственном участке, относится к классу «Е», который предполагает горение материалов и веществ при наличии опасного напряжения.

Пожарная безопасность рассматриваемого производственного участка обеспечивается а счёт применения различных технических средств. В качестве первичных средств тушения применяются: огнетушители, ящик с песком, кошма. В качестве средств индивидуальной защиты применяется план эвакуации. В качестве пожарного инструмента применяется топор, багор и лопата. В качестве средств оповещения применяются речевые, световые и звуковые оповещатели.

3.5 Вопросы обеспечения экологической безопасности

Реализация предлагаемых в настоящей выпускной квалификационной работе технических решений приводит к возникновению негативного антропогенного действия на окружающую среду. Следование мировой экологической повестки заставляет современное предприятие проводить мероприятия по обеспечению экологической безопасности производственных процессов. При этом следует обеспечить защиты основных элементов нашего ареала обитания: атмосферы, гидросферы и литосферы. На основании анализа исходных данных могут быть предложены технические средства и организационные мероприятия, применение которых позволит устранить влияние на окружающую среду негативного антропогенного фактора или уменьшить его влияние до приемлемого уровня. Предлагаемые средства для этого представлены в таблице 10 и включают в себя набор стандартных методик и технических средств.

Таблица 10 – Предложенные мероприятия по уменьшению антропогенного действия на окружающую среду при реализации проектной технологии

Наименование составляющего среды	Производственный участок сборки и сварки с установленным на нём технологическим оборудованием
Атмосфера	Установка в вентиляционную систему цеха специальных улавливающих фильтров, обеспечивающих задержку выделяющихся при сварке и работе оборудования вредных веществ
Гидросфера	Обеспечить отсутствие протечек масла из гидравлических систем применяемого оборудования. В случае обнаружения таких протечек своевременно их устранять
Литосфера	Размещение на территории предприятия специализированных емкостей для селективного сбора производственного мусора. Проведение инструктажа работников на предмет соблюдения мероприятий по сбору промышленного мусора и отходов.

Таким образом, предложенные мероприятия позволяют уменьшить антропогенное воздействие на окружающую среду.

4 Экономическое обоснование предлагаемых в выпускной квалификационной работе решений

4.1 Анализ исходной информации по базовой и проектной технологиям

Настоящая выпускная квалификационная работа посвящена решению вопроса повышения эффективности восстановления деталей машин. В качестве типовой детали рассматривались изношенные лопатки гравитационного смесителя. На основании анализа исходных данных и известных решений для восстановления рассматриваемой детали принято решение использовать плазменную наплавку.

Первой операцией проектного технологического процесса является дробеструйная очистка. Для выполнения этой операции применяется дробеметная камера и дробемёт. Второй операцией проектного технологического процесса является предварительный подогрев. Для выполнения этой операции применяется электрическая печь. Третьей операцией проектного технологического процесса является наплавка. Для её выполнения применяется установка плазменной наплавки. Четвертой операцией проектного технологического процесса является высокий отпуск. Для её выполнения применяется электрическая печь. Пятой операцией проектного технологического процесса является контроль качества. Для её выполнения применяется набор визуально-измерительного контроля и твердомер. Шестой операцией проектного технологического процесса является закалка. Для её выполнения применяется электрическая печь и твердомер.

В таблице 11 представлены исходные данные для проведения экономических расчётов по рассматриваемым вариантам технологии сборки и сварки с учётом рыночной стоимости используемого оборудования и вспомогательных затрат.

Таблица 11 – Исходные данные для проведения экономических расчётов по рассматриваемым вариантам технологии

Экономический показатель	Принятое в расчётной формуле буквенное обозначение показателя	Единица измерения экономического показателя	Значение экономического показателя применительно к базовой и проектной технологиям	
			Базовая технология	Проектная технология
«Число рабочих смен в сутках	$K_{см}$	-	1	1
Разряд работников	P_p	-	V	V
Часовая тарифная ставка	$Cч$	Р/час	200	200
Коэффициент доплат	$K_{доп}$	%	12	12
Коэффициент отчислений на дополнительную ЗП	K_d	-	1,88	1,88
Коэффициент отчислений на социальные нужды	$K_{сн}$	%	34	34
Коэффициент выполнения нормы	$K_{вн}$	-	1,1	1,1
Стоимость оборудования	$Ц_{об}$	руб.	250 тыс.	900 тыс.
Норма амортизации оборудования	K_a	%	21,5	21,5
Мощность оборудования	$M_{уст}$	кВт	40	70
Коэффициент транспортно-заготовительных расходов	$K_{т-з}$	%	5	5
Стоимость электрической энергии	$Ц_{э-э}$	Р/ кВт	3,4	3,4
Коэффициент полезного действия	$K_{пд}$	-	0,7	0,7
Коэффициент затрат на монтаж и демонтаж оборудования	$K_{мон}$ $K_{дем}$	%	3	5
Площадь под оборудование	S	m^2	400	400
Стоимость эксплуатации площадей	$C_{эксп}$	(Р/ m^2)/год	2000	2000
Цена производственных площадей	$Ц_{пл}$	Р/ m^2	30000	30000
Норма амортизации площади	$На.пл.$	%	5	5
Коэффициент дополнительной производственной площади	$K_{пл}$	-	3	3
Коэффициент эффективности капитальных вложений	E_n	-	0,33	0,33
Коэффициент цеховых расходов	$K_{цех}$	-	1,5	1,5
Коэффициент заводских расходов» [15]	$K_{зав}$	-	1,15	1,15

Дальнейшие расчёты с использованием представленных выше данных предполагают оценку затрат на осуществление технологического процесса по проектному и базовому вариантам.

4.2 Оценка фонда времени работы оборудования

При выполнении операций проектного технологического процесса и базового технологического процесса происходит работа оборудования в течение заданного времени. Величина заработной платы и вспомогательных затрат рассчитываются с учётом фонда времени работы оборудования, который следует рассчитать по исходным данным, представленным выше. Также следует принимать во внимание, что время работы оборудования позволяет рассчитать амортизационные отчисления и затраты на производственные площади. В проектом технологическом процессе и базовом технологическом процессе предусматривается выполнение операций в течение одинакового количества смен. Поэтому годовой фонд времени для проектного технологического процесса по отношению к годовому фонду времени базового технологического процесса не изменится.

Количество рабочих дней для одного года принимаем равным $D_p=277$, при этом продолжительность рабочей смены составляет $T_{см}=8$ часов. Также следует принимать во внимание уменьшение рабочей смены на величину $T_{п}=1$ час в предпраздничные дни, количество которых для одного календарного года составляет $D_{п}=7$ дней. Для количества рабочих смен $K_{см}=1$ рассчитываем годовой фонд времени:

$$F_H = (D_p \cdot T_{см} - D_{п} \cdot T_{п}) \cdot K_{см} . \quad (1)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $F_H = (277 \cdot 8 - 7 \cdot 1) \cdot 1 = 2209$ часов. Значение эффективного фона рабочего времени следует вычислить с учётом задаваемых потерь рабочего времени $V=7\%$:

$$F_3 = F_H(1 - V/100). \quad (2)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $F_3 = 2209 \cdot (1 - 7/100) = 2054$ часов.

4.3 Оценка штучного времени при выполнении операций проектного и базового вариантов технологии

Величину штучного времени, которое будет затрачиваться на выполнение операций проектного технологического процесса и базового технологического процесса, рассчитываем с учётом нормирования труда по выполняемым операциям согласно технологической карте. Штучное время $t_{шт}$ включает в себя затраты времени на выполнение основных операций проектного и базового технологического процессов (машинное время $t_{маш}$), подготовительных и вспомогательных операций (вспомогательное время $t_{всп}$), личный отдых (время отдыха $t_{отд}$), подготовительно-заключительное время $t_{п-з}$ и времени на мелкий ремонт и обслуживание оборудования (время обслуживания $t_{обсл}$):

$$t_{шт} = t_{маш} + t_{всп} + t_{обсл} + t_{отд} + t_{п-з} . \quad (3)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $t_{шт.баз} = 1,5 \cdot (100\% + 50\% + 10\% + 10\% + 5\%) = 1,82$ часа и $t_{шт.проектн.} = 0,4 \cdot (100\% + 50\% + 10\% + 10\% + 5\%) = 0,49$ часа.

Размер годовой программы $\Pi_{г}$ рассчитывается с учётом рассчитанных выше штучного времени для проектного и базового вариантов технологии, а также с учётом ранее определённого годового фонда времени работы оборудования:

$$\Pi_{г} = F_{\text{в}} / t_{шт} . \quad (4)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $\Pi_{г.баз.} = 2054 / 1,82 = 1128$ деталей для базового технологического процесса и $\Pi_{г.пр.} = 2054 / 0,49 = 4191$ деталей для проектного технологического процесса. На основании анализа потребности отрасли в рассматриваемом оборудовании принимаем размер годовой программы для проектного варианта технологии и базового варианта технологии $\Pi_{г} = 1000$ деталей в год.

Требуемое количество технологического оборудования определяем с учётом ранее рассчитанного штучного времени для проектного варианта технологии и базового варианта технологии. При этом следует учесть коэффициент выполнения нормы $K_{\text{вн}} = 1,03$. Выполняем расчёт:

$$n_{\text{расч}} = t_{\text{шт}} \cdot \Pi_{\Gamma} / (F_{\text{э}} \cdot K_{\text{вн}}). \quad (5)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $n_{\text{расч}} = 1,82 \cdot 1000 / (2054 \cdot 1,03) = 0,81$ для базового варианта технологического процесса; $n_{\text{расч}} = 0,49 \cdot 1000 / (2054 \cdot 1,03) = 0,22$ для проектного варианта технологического процесса.

В дальнейшем при выполнении экономических расчётов количество оборудования для выполнения операций базового технологического процесса принимаем $n=1$. Количество оборудования для выполнения операций проектного технологического процесса принимаем $n=1$. На основании этого выполним расчёт коэффициента загрузки оборудования $K_{\text{з}}$ для базового и проектного вариантов технологии:

$$K_{\text{з}} = n_{\text{расч}} / n. \quad (6)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $K_{\text{з}} = 0,81 / 1 = 0,81$ для базового варианта технологического процесса и $K_{\text{з}} = 0,22 / 1 = 0,22$ для проектного варианта технологического процесса.

Значение величины коэффициента загрузки оборудования $K_{\text{з}}$ для проектного и базового вариантов технологического процесса в дальнейшем понадобятся для расчёта капитальных затрат на построение технологии.

При расчётах следует принимать во внимание, что производительность в проектной технологии по сравнению с базовой технологией значительно увеличилась. Это приводит либо к уменьшению количества применяемого оборудования, либо к уменьшению коэффициента загрузки оборудования. В настоящей выпускной квалификационной работе уменьшается коэффициент загрузки оборудования.

4.4 Расчёт заводской себестоимости при осуществлении операций технологического процесса по рассматриваемым вариантам

Выполнение операций проектного технологического процесса и операций базового технологического процесса происходят с применением расходных материалов, затраты на которые рассчитываются в зависимости от коэффициента транспортно-заготовительных расходов $K_{ТЗ}$, цены материалов C_M и нормы расходов материалов N_p по формуле:

$$M = C_M \cdot N_p \cdot K_{ТЗ} . \quad (7)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $M=3000 \cdot 0,08 \cdot 1,05 = 252$ рублей для операций базового технологического процесса; для операций проектного технологического процесса: $M=90 \cdot 0,6 \cdot 1,05 + 50 \cdot 0,3 \cdot 9 \cdot 1,05 = 56,70 + 41,75 = 198,45$ рублей.

Величина основной заработной платы рассчитывается на основании штучного времени $t_{шт}$, часовой тарифной ставки $C_ч$ и коэффициента доплат K_d , который для рассматриваемой выпускной квалификационной работы принимается равным $K_d = 1,88$:

$$Z_{осн} = t_{шт} \cdot C_ч \cdot K_d . \quad (8)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $Z_{осн} = 1,82 \cdot 200 \cdot 1,88 = 684,32$ рублей для базового варианта технологического процесса и $Z_{осн} = 0,49 \cdot 200 \cdot 1,88 = 184,24$ рублей для проектного варианта технологического процесса.

Величина дополнительной заработной платы $Z_{доп}$ рассчитывается в зависимости от рассчитанной выше основной заработной платы $Z_{осн}$ и коэффициента доплат $K_{доп}$, который для рассматриваемой выпускной квалификационной работы принимается равным $K_{доп} = 12 \%$:

$$Z_{доп} = Z_{осн} \cdot K_{доп} / 100 . \quad (9)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить

расчётную величину: $Z_{\text{доп}} = 684,32 \cdot 12 / 100 = 82,12$ рублей для операций базового технологического процесса и $Z_{\text{доп}} = 184,24 \cdot 12 / 100 = 22,11$ рублей для операций проектного технологического процесса.

Величина фонда заработной платы ФЗП рассчитывается как сумма основной заработной платы $Z_{\text{осн}}$ и дополнительной заработной платы $Z_{\text{доп}}$. Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $\text{ФЗП} = 684,32 + 82,12 = 766,44$ рублей для операций базового технологического процесса и $\text{ФЗП} = 184,24 + 22,11 = 206,35$ рублей для операций проектного технологического процесса.

Отчисления на социальные нужды $O_{\text{сн}}$ рассчитываем с учётом коэффициента отчислений на социальные нужды $K_{\text{сн}}$, который для рассматриваемой выпускной квалификационной работы принимается равным $K_{\text{сн}} = 34 \%$:

$$O_{\text{сн}} = \text{ФЗП} \cdot K_{\text{сн}} / 100. \quad (10)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $O_{\text{сн}} = 766,44 \cdot 34 / 100 = 260,59$ рублей для операций базового технологического процесса и $O_{\text{сн}} = 206,35 \cdot 34 / 100 = 70,16$ рублей для операций проектного технологического процесса.

Величину затрат на оборудование $Z_{\text{об}}$ определяем расчётным путём на основании амортизационных отчислений $A_{\text{об}}$ и затрат на электрическую энергию P_3 :

$$Z_{\text{об}} = A_{\text{об}} + P_3. \quad (11)$$

При вычислении амортизационных отчислений $A_{\text{об}}$ следует учитывать норму амортизации H_a , которая для рассматриваемой выпускной квалификационной работы составляет $H_a = 21,5 \%$. Также в расчёт включено машинное время $t_{\text{маш}}$, которое ранее было рассчитано для операций проектной и базовой технологий. В формулу включены также эффективный годовой фонд времени работы оборудования F_3 и цена оборудования $C_{\text{об}}$.

$$A_{\text{об}} = \frac{C_{\text{об}} \cdot H_a \cdot t_{\text{маш}}}{F_3 \cdot 100}. \quad (12)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $A_{об.} = 250000 \cdot 21,5 \cdot 1,82 / 2054 / 100 = 14,37$ рублей по базовому варианту технологии, по проектному варианту технологии: $A_{об.} = 900000 \cdot 21,5 \cdot 0,49 / 2054 / 100 = 46,16$ рублей.

Затраты на электрическую энергию при выполнении операций по проектному технологическому процессу рассчитываются с учётом мощности оборудования $M_{уст}$, КПД оборудования, машинного времени $t_{маш}$ и стоимости электрической энергии для предприятий $Ц_{э}$:

$$P_{э} = M_{уст} \cdot t_{маш} \cdot Ц_{э} / КПД. \quad (13)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $P_{э} = 40 \cdot 1,82 \cdot 3,2 / 0,7 = 332,80$ рублей для базового варианта технологического процесса, $P_{э} = 70 \cdot 0,49 \cdot 3,2 / 0,85 = 129,12$ рублей для проектного технологического процесса.

После подстановки рассчитанных выше значений в формулу (11) вычисляем затраты на оборудование: $Z_{об} = 14,37 + 332,80 = 347,17$ рублей по базовому технологическому процессу и $Z_{об} = 46,16 + 129,12 = 175,28$ рублей по проектному технологическому процессу.

Размер технологической себестоимости $C_{тех}$ определяется исходя из ранее определённых значений затрат на материалы M , отчислений на социальные нужды $O_{сн}$, фонда заработной платы ФЗП, затрат на производственные площади $Z_{пл}$ и затрат на оборудование $Z_{об}$:

$$C_{тех} = M + ФЗП + O_{сн} + Z_{пл} + Z_{об}. \quad (14)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $C_{тех} = 252 + 766 + 261 + 347 + 164 = 1790$ рублей для базового варианта технологического процесса, и для проектного технологического процесса $C_{тех} = 198 + 206 + 70 + 175 + 76 = 725$ рублей.

Размер цеховой себестоимости $C_{цех}$ определяется исходя из ранее определённой технологической себестоимости $C_{тех}$, коэффициента цеховых расходов $K_{цех}$ и основной заработной платы $Z_{осн}$:

$$C_{\text{цех}} = C_{\text{тех}} + Z_{\text{осн}} \cdot K_{\text{цех}}. \quad (15)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $C_{\text{цех}}=1790 + 1,5 \cdot 684,32 = 1790 + 1026 = 2816$ рублей для базового технологического процесса и для проектного технологического процесса $C_{\text{цех}}=725 + 1,5 \cdot 184,24 = 725 + 276 = 1001$ рублей.

Размер заводской себестоимости $C_{\text{зав}}$ определяется исходя из ранее определённой цеховой себестоимости $C_{\text{цех}}$, коэффициента заводских расходов и основной заработной платы $Z_{\text{осн}}$:

$$C_{\text{зав}} = C_{\text{цех}} + Z_{\text{осн}} \cdot K_{\text{зав}}. \quad (16)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $C_{\text{зав}} = 2816 + 1,15 \cdot 684,32 = 2816 + 787 = 3603$ рублей для базового варианта технологии, и для проектного технологического процесса $C_{\text{зав}} = 1001 + 1,15 \cdot 184,24 = 1001 + 212 = 1213$ рублей.

В таблице 12 представлена калькуляция заводской стоимости выполнения операций по базовому варианту технологического процесса и проектному варианту технологического процесса.

Таблица 12 – Исходные данные и расчёт заводской стоимости при выполнении операций согласно базового технологического процесса и согласно проектного технологического процесса

Показатель	Условное обозначение	Калькуляция, руб.	
		Базовый вариант	Проектный вариант
1. «Затраты на материалы	М	252	198
2. Фонд заработной платы	ФЗП	766	206
3. Отчисления на соц. нужды	Осн	261	70
4. Затраты на оборудование	Зоб	347	175
5. Затраты на площади	Зпл	164	76
5. Технологическая себестоимость	Стех	1790	725
6. Цеховые расходы	Рцех	1026	276
7. Цеховая себестоимость	Сцех	2816	1001
8. Заводские расходы	Рзав	787	212
9. Заводская себестоимость» [15]	$C_{\text{зав}}$	3603	1213

Дальнейшие работы направлены на определение величины капитальных вложений при реализации проектной технологии и реализации базовой технологии. Далее будут вычислены экономические показатели предлагаемых решений и сделан вывод об эффективности внедрения этих решений в производственный процесс.

4.5 Капитальные затраты при реализации проектного и базового вариантов технологии

Вычисляем капитальные затраты $K_{\text{общ. б.}}$ на реализацию технологического процесса по базовому варианту. Расчёт следует выполнять с учётом коэффициента загрузки оборудования K_p и остаточной стоимости оборудования $\Pi_{\text{об. б.}}$.

Величину остаточной стоимости оборудования определяем с учётом рыночной стоимости аналогичного нового оборудования $\Pi_{\text{перв.}}$, срока службы оборудования $T_{\text{сл}}$ и нормы амортизационных отчислений N_a :

$$\Pi_{\text{об. б.}} = \Pi_{\text{перв.}} - (\Pi_{\text{перв.}} \cdot T_{\text{сл}} \cdot N_a / 100). \quad (17)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $\Pi_{\text{об. б.}} = 250000 - (250000 \cdot 3 \cdot 21,5 / 100) = 88750$ рублей.

Капитальные затраты по базовой технологии могут быть рассчитаны как:

$$K_{\text{общ. б.}} = \Pi_{\text{об. б.}} \cdot K_{з. б.} \quad (18)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $K_{\text{общ. б.}} = 1 \cdot 88750 \cdot 0,81 = 71888$ рублей.

Расчёт капитальных затрат $K_{\text{общ. пр.}}$ при реализации проектной технологии требует учёта капитальных вложений в производственные площади $K_{\text{пл. пр.}}$, сопутствующих затрат $K_{\text{соп}}$ и капитальных затрат на оборудование $K_{\text{об. пр.}}$:

$$K_{\text{общ. пр.}} = K_{\text{об. пр.}} + K_{\text{пл. пр.}} + K_{\text{соп.}} \quad (19)$$

Величина капитальных затрат на оборудование для реализации проектного варианта технологического процесса рассчитывается с учётом коэффициента транспортно-заготовительных расходов, значение которого для настоящей выпускной квалификационной работы составило $K_{ТЗ}=1,05$, цены оборудования $Ц_{об}$ и коэффициента загрузки оборудования $K_з$:

$$K_{об.пр.} = Ц_{об. пр.} \cdot K_{ТЗ} \cdot K_{зп}. \quad (20)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $K_{об.пр.} = 900000 \cdot 1,05 \cdot 0,22 = 207900$ рублей.

Величина сопутствующих затрат $K_{соп}$ рассчитывается с учётом расходов на демонтаж $P_{дем}$ оборудования по базовому технологическому процессу и монтаж $P_{мон}$ оборудования по проектному технологическому процессу.

Расходы на демонтаж с учётом коэффициента расходов на демонтаж оборудования $K_{дем} = 0,05$ рассчитываются как

$$P_{дем} = Ц_{об. б.} \cdot K_{д}. \quad (21)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $P_{дем} = 1 \cdot 250000 \cdot 0,05 = 12500$ рублей.

Расходы на монтаж с учётом коэффициента расходов на монтаж оборудования $K_{мон} = 0,05$ рассчитываются как

$$P_{монт} = Ц_{об. пр.} \cdot K_{м}. \quad (22)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $P_{монт} = 900000 \cdot 0,05 = 45000$ рублей.

Величина сопутствующих расходов определяется как

$$P_{соп} = P_{дем} + P_{монт}. \quad (23)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $P_{соп} = 12500 + 45000 = 57500$ рублей.

Далее с использованием подставленных в формулу (19) значений получили общие капитальные затраты $K_{\text{общ. пр.}} = 207900 + 57500 = 265400$ рублей.

Расчёт дополнительных капитальных вложений $K_{\text{доп}}$ проводим с учётом капитальных затрат для проектной технологии $K_{\text{общ. пр}}$ и капитальных затрат по базовой технологии $K_{\text{общ. б}}$:

$$K_{\text{доп}} = K_{\text{общ пр}} - K_{\text{общ б}} \quad (24)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $K_{\text{доп}} = 265400 - 71888 = 311888$ рублей.

Величину удельных капитальных вложений определяем с учётом годовой программы Π_T :

$$K_{\text{уд}} = K_{\text{общ}} / \Pi_T \quad (25)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $K_{\text{уд}} = 71888/1000 = 71,8$ рублей за единицу продукции по базовой технологии и $K_{\text{уд}} = 265400/1000 = 265,4$ рублей за единицу продукции по проектной технологии.

4.6 Показатели экономической эффективности

Для выполнения экономического обоснования настоящей выпускной квалификационной работы рассчитаем основные показатели эффективности.

Снижение трудоемкости $\Delta t_{\text{шт}}$ рассчитывается как

$$\Delta t_{\text{шт}} = (t_{\text{шт б}} - t_{\text{шт пр}}) \cdot 100 \% / t_{\text{шт б}} \quad (26)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $\Delta t_{\text{шт}} = (1,82 - 0,49) \cdot 100 \% / 1,82 = 73 \%$.

Повышение производительности Π_T рассчитывается как

$$\Pi_T = 100 \cdot \Delta t_{\text{шт}} / (100 - \Delta t_{\text{шт}}) \quad (27)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $P_T = 100 \cdot 73 / (100 - 73) = 270 \%$.

Уменьшение технологической себестоимости $\Delta C_{\text{тех}}$ рассчитывается как

$$\Delta C_{\text{тех}} = (C_{\text{тех.б.}} - C_{\text{тех.пр.}}) \cdot 100\% / C_{\text{тех.б.}} \quad (28)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $\Delta C_{\text{тех}} = (1790 - 725) \cdot 100\% / 1790 = 59 \%$.

Размер условно-годовой экономии $P_{\text{ож}}$ рассчитывается как

$$P_{\text{ож}} = \mathcal{E}_{\text{уг}} = (C_{\text{зав.б.}} - C_{\text{зав.пр.}}) \cdot P_T \quad (29)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $P_{\text{ож}} = (3603 - 1213) \cdot 1000 = 2390000$ рублей.

Длительность срока окупаемости предлагаемых мероприятий $T_{\text{ок}}$ составляет:

$$T_{\text{ок}} = K_{\text{доп}} / \mathcal{E}_{\text{уг}} \quad (30)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $T_{\text{ок}} = 311888 / 239000 = 0,3$ года.

Величина годового экономического эффекта \mathcal{E}_T рассчитывается как

$$\mathcal{E}_T = \mathcal{E}_{\text{уг}} - E_n \cdot K_{\text{доп}} \quad (31)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $\mathcal{E}_T = 2390000 - 0,33 \cdot 311888 = 2287077$ руб.

Проведенные экономические расчёты позволяют судить о высокой эффективности предлагаемых в настоящей выпускной квалификационной работе решениях. Производительность труда повышается на 270 %. Уменьшение технологической себестоимости составило 59 %. При этом за счёт повышения производительности труда и снижения издержек удалось получить годовой экономический эффект в размере 2,3 млн. рублей. Средства, затраченные на внедрение предлагаемых в настоящей выпускной квалификационной работе решений, будут окуплены за 0,3 года.

Вышеизложенное позволяет судить о высокой эффективности настоящей выпускной квалификационной работы.

Заключение

Настоящая выпускная квалификационная работа посвящена решению вопроса повышения эффективности восстановления деталей машин. В качестве типовой детали рассматривались изношенные лопатки гравитационного смесителя.

При анализе свойств стали 65Г, из которой выполнены лопатки смесителя, сформулированы трудности при восстановительной сварке и наплавке – образование холодных и горячих трещин, разупрочнение металла.

При анализе операций базового технологического процесса с применением ручной дуговой наплавки сформулированы недостатки:

- вредность условий труда сварщика, которому приходится работать в атмосфере сварочного аэрозоля и излучения от дуги;
- увеличение расхода наплавочных материалов из-за затрат на огарки, кроме того, необходимость прерывания горения дуги при смене электрода приводит к снижению производительности и качества.

На основании анализа исходных данных и известных решений для восстановления рассматриваемой детали принято решение использовать плазменную наплавку.

Первой операцией проектного технологического процесса является дробеструйная очистка. Для выполнения этой операции применяется дробеметная камера и дробемёт. Второй операцией проектного технологического процесса является предварительный подогрев. Для выполнения этой операции применяется электрическая печь. Третьей операцией проектного технологического процесса является наплавка. Для её выполнения применяется установка плазменной наплавки. Четвертой операцией проектного технологического процесса является высокий отпуск. Для её выполнения применяется электрическая печь. Пятой операцией проектного технологического процесса является контроль качества. Для её выполнения применяется набор визуально-измерительного контроля и

твердомер. Шестой операцией проектного технологического процесса является закалка. Для её выполнения применяется электрическая печь и твердомер.

При анализе опасных и вредных производственных факторов, которые сопровождают выполнение операций проектного технологического процесса, идентифицированы негативные производственные факторы, предложены технические средства и организационные мероприятия по защите от них.

Выполнена оценка проектной технологии на предмет обеспечения экологической безопасности. Предложены организационные мероприятия по защите окружающей среды от возникающих при реализации проектной технологии негативных антропогенных факторов.

Проведенные экономические расчёты позволяют судить о высокой эффективности предлагаемых в настоящей выпускной квалификационной работе решениях. Производительность труда повышается на 270 %. Уменьшение технологической себестоимости составило 59 %. При этом за счёт повышения производительности труда и снижения издержек удалось получить годовой экономический эффект в размере 2,3 млн. рублей. Средства, затраченные на внедрение предлагаемых в настоящей выпускной квалификационной работе решений, будут окуплены за 0,3 года.

Таким образом, внедрение предлагаемых в настоящей выпускной квалификационной работе решений в производство позволяет получить доказанный расчётным путём экономический эффект. Доказана экономическая и технологическая эффективность предлагаемых в настоящей выпускной квалификационной работе решений.

На основании вышеизложенного следует считать поставленную цель выпускной квалификационной работы достигнутой.

Результаты настоящей выпускной квалификационной работы рекомендуются к внедрению на предприятиях, которые выполняют восстановление изношенных деталей машин.

Список используемой литературы и используемых источников

1. Авторское свидетельство № 1761402 СССР, МКИ В23К9/04. Способ плазменной наплавки / Стеклов О. И., Алексеев А. В. Смирнов В. И. – № 4787609/08, заяв. 01.02.90; опубл. 15.09.92, Бюл. № 34. 4 с.
2. Батищев А. Н. Методика обоснования рационального способа восстановления изношенных деталей // Современное оборудование и технологические процессы для восстановления и упрочнения деталей машин: тез. докл. науч.-техн. конф. стран – членов СЭВ «Ремдеталь-88», 17–21 октября 1988 г., г. Пятигорск. М., 1988. Ч. 1. С. 23–24.
3. Белов С. В. Охрана окружающей среды. М. : Машиностроение, 1990. 372с.
4. Бессуднов И. А. Совершенствование технологий ремонта газотурбинных авиационных двигателей с использованием ресурсосберегающих технологий: диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук. Рыбинск: Рыбинский государственный авиационный технический университет имени П. А. Соловьева. 2014.
5. Васильев Н. Г., Галиев И. И., Васильева Т. Н. Выбор способа восстановления изношенных деталей // Сварочное производство. 1996. № 7. С. 13–15.
6. Власов В. М., Нечаев Л. М., Фомичева Н. Б., Фомичева Е. В. Влияние дефектов, возникающих в процессе наплавки, на механические характеристики металла // Соврем. наукоемкие технологии. 2004. № 1. С. 9–11.
7. Голубчиков Ю. Н. Россия в зеркале глобального потепления // Астраханский вестник экологического образования. 2012. № 1. С. 16–25.
8. Горина Л. Н. Обеспечение безопасных условий труда на производстве: учебное пособие. Тольятти : ТолПИ, 2000. 68 с.
10. Данилов П. А. Повышение эффективности восстановления работоспособности изношенных деталей на основе обоснованного выбора

технологических методов восстановления их эксплуатационных свойств : дис. ... канд. техн. наук. М. : Московский гос. техн. университет «СТАНКИН». 2010.

11. Иванов В. П. Выбор способа восстановления деталей // Наука и техника. 2016. № 1. С. 9–17.

12. Кислов А.В., Суркова Г. В. Влияние глобального потепления на климатические ресурсы России // Экономика. Налоги. Право. 2021. № 4. С. 6–14.

13. Климов А. С. Выпускная квалификационная работа бакалавра: учебно-метод. пособие по выполнению выпускной квалификационной работы бакалавра. Тольятти : ТГУ, 2021. 62 с.

14. Крампит А. Г., Крампит Н. Ю., Габитов Э. К. Модернизация сварочного оборудования – как решение приоритетной задачи по импортозамещению // Технологии и материалы: технический научно-производственный журнал. 2016. № 6. С. 18–23.

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

16. Кудинова Г. Э. Организация производства и менеджмент : метод. указания к выполнению курсовой работы. Тольятти : ТГУ, 2005. 35 с.

17. Лебедев В. А., Лендел И. В. Совершенствование механизированной дуговой сварки и наплавки нержавеющей сталей с импульсной подачей электродной проволоки // ВІСНИК Донбаської державної машинобудівної академії. 2016. № 2. С. 156–159.

18. Малинов Л. С. Перспективные экономнолегированные наплавочные материалы, обеспечивающие получение наплавочного металла с мартенситными превращениями : тезисы докладов научного семинара «Современные достижения в области сварки, наплавки и родственных технологий». Мариуполь, 2000. С. 86–90.

19. Малинов Л. С. Перспективные экономнолегированные стали и чугуны с мартенситными превращениями и наплавочные материалы на их

основе // Захист металургійних машин від поломок : зб.наук. праць. Вип. 5. Маріуполь, 2000. С. 238–244.

20. Мау В. А., Улюкаев А. В. Глобальный кризис и тенденции экономического развития // Вопросы экономики. 2014. № 11. С. 15–21.

21. Михальченко А. М., Ульянова Н. Д., Феськов С. А. Механические свойства термоупрочнённой стали 65Г, поверхностно-армированной наплавкой твёрдым сплавом // Agricultural Engineering. 2021. № 3. С. 63–68.

22. Молодык Н. В., Зенкин А. С. Восстановление деталей машин. М. : Машиностроение, 1989. 480 с.

23. Неверов В.В. Разработка технологии наплавки износостойких сплавов при изготовлении биметаллических изделий. Диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук. Москва: МАТИ. – 2012.

24. Петришин Г. В., Быстренков В. М. Одарченко В. И. Метод обеспечения износостойкости лопаток лопастных смесителей // Литье и металлургия. 2019. № 2. С. 32–35.

25. Постников С. А., Владимиров Е. Н., Пищальников А. Н. Восстановление цапф валов бумагоделательных машин // Вестник ПСТУ. 2003. № 2. С. 105–112.

26. Рябцев И. А., Переплётчиков Е. Ф., Бартенев И. А. Влияние исходной структуры и гранулометрического состава порошка на структуру металла 10P6M5, наплавленного плазменно-порошковым способом // Наплавка деталей машин и механизмов. Киев : Екотехнологія, 2004. 160 с.

27. Рябцев И. А., Переплётчиков Е. Ф., Бартенев И. А. Влияние исходной структуры и гранулометрического состава порошка на структуру металла 10P6M5, наплавленного плазменно-порошковым способом // Автоматическая сварка. 2007. № 10. С. 23–27.

28. Сварка. Резка. Контроль : справочник в 2-х томах / под общ. ред. Н. П. Алешина, Г. Г. Чернышева. М. : Машиностроение, 2004.

29. Смирнов И. В. Сварка специальных сталей и сплавов. Санкт-Петербург : Лань, 2021. 268 с.
30. Сорокин В. Г., Волосникова А. В., Вяткин А. В. Марочник сталей и сплавов. М. : Машиностроение, 1989. 640 с.
31. Спешилова В. С., Строительные машины и средства малой механизации . Улан-Удэ : ГБПО «БЛПК», 2015. 67 с.
32. Chen Y.C. New development of plasma arc welding technology // Modern Welding. 2008. Vol. 8 P. 5–10.
33. Craig E. The plasma arc process – a review // Welding Journal. 1988. vol. 67. P. 19–25.
34. Kondapalli S.P., Rao Ch. S., Rao N. Advances in Plasma Arc Welding: A review // Journal of Mechanical Engineering and Technology. 2012. vol. 4. P. 35–60.
35. Li Y., Feng Y.H., Zhang X.X. An improved simulation of heat transfer and fluid flow in plasma arc welding with modified heat source model // International Journal of Thermal Science. 2013. vol. 64. P. 93–104.
36. Wu C.S. , Wang L., Ren W.J., Plasma arc welding: Process, sensing, control and modeling // Journal of Manufacturing Processes. 2014. vol. 16. P. 74–85.