

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 ремонтной наплавки гидравлической коробки
бурового насоса УНБ-600

Обучающийся

П.В. Ишин

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент А.Ю. Краснопевцев

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

Консультанты

к.э.н., доцент О.М. Сярдова

(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 сварочных и наплавочных операций при ремонте деталей машин.

В качестве конкретной детали в работе рассматривается гидравлическая коробка бурового насоса. На основании анализа известных решений для построения проектной технологии предложено использовать механизированную сварку проволокой сплошного сечения в среде защитных газов.

В работе составлена проектная технология восстановительной наплавки. Дано описание особенностей выполнения операций проектного технологического процесса.

Выполненная идентификация этих негативных факторов позволила предложить стандартные методики и технические средства для защиты персонала и окружающей среды.

Производительность труда повышается на 230 %. Уменьшение технологической себестоимости составило 37 %. При этом за счёт повышения производительности труда и снижения издержек удалось получить годовой экономический эффект в размере 1,54 млн. рублей.

Предлагаемые в настоящей выпускной квалификационной работе технические решения и организационные мероприятия позволяют судить о высокой эффективности замены ручных способов сварки и наплавки на механизированные способы.

Результаты настоящей выпускной квалификационной работы рекомендуются к внедрению на предприятиях, которые выполняют работы по восстановлению деталей машин с применением наплавки.

Содержание

Введение	5
1 Современное состояние технологии ремонта коробок буровых насосов.	7
1.1 Описание детали и особенностей ремонта.	7
1.2 Сведения о материале детали.	10
1.3 Описание операций базового технологического процесса ремонтной наплавки гидравлической коробки.	12
1.4 Анализ источников научно-технической информации по вопросу повышения эффективности ремонтной наплавки деталей машин	16
1.5 Формулировка задач выпускной квалификационной работы.	18
2 Построение проектной технологии восстановительной наплавки детали.	20
2.1 Обоснование выбора способа восстановительной наплавки.	20
2.2 Повышение эффективности восстановительной наплавки в защитных газах проволокой сплошного сечения.	26
2.3 Назначение параметров режима ремонтной наплавки.	29
2.4 Технология ремонтной наплавки.	32
3 Обеспечение безопасности и экологичности предлагаемых технических решений.	35
3.1 Конструктивно-технологическая характеристика рассматриваемого объекта	35
3.2 Идентификация профессиональных и производственных рисков.	37
3.3 Методики и технические средства для устранения профессиональных рисков.	39
3.4 Пожарная безопасность рассматриваемого технологического объекта.	40
3.5 Вопросы обеспечения экологической безопасности.	42
4 Экономическое обоснование предлагаемых в выпускной	

квалификационной работе решений.	44
4.1 Анализ исходной информации по базовой и проектной технологиям.	44
4.2 Оценка фонда времени работы оборудования.	46
4.3 Оценка штучного времени при выполнении операций проектного и базового вариантов технологии.	47
4.4 Расчёт заводской себестоимости при осуществлении операций технологического процесса по рассматриваемым вариантам.	49
4.5 Капитальные затраты при реализации проектного и базового вариантов технологии.	53
4.6 Показатели экономической эффективности.	56
Заключение	58
Список используемой литературы и используемых источников.	60

Введение

В большинстве случаев причиной выхода из строя деталей машин является изнашивание. При этом значительная часть агрегатов имеет трущиеся поверхности, поэтому механизмы разрушения при изнашивании имеют достаточно развитую природу и широкий диапазон скоростей изнашивания.

В настоящий момент насчитывается более десятка классов износостойкости, которые по сопротивляемости износу могут отличаться друг от друга на порядки. К самым разрушительным видам изнашивания относят коррозионно-абразивное и абразивное изнашивание [30], [32]. Такое изнашивание характерно для условий работы деталей машин широкой номенклатуры. При восстановлении таких поверхностей применяются различные виды наплавки с применением штучных электродов [26] и порошковой проволоки [9], [28], [29].

Также для повышения износостойкости деталей машин можно изготовить всю деталь из износостойкого материала [4], [31].

Самыми универсальными способами восстановления деталей машин следует признать дуговые способы наплавки, которые позволяют вернуть эксплуатационные свойства изношенной детали с минимальными затратами по времени и материалам. При этом наиболее простым в реализации продолжает считаться такой способ, как ручная дуговая наплавка штучными электродами. При этом для внедрения технологического процесса ручной дуговой наплавки обычно даже не требуется приобретение нового сварочного оборудования, так как все необходимое оборудование уже имеется на предприятии. Кроме того, процесс ручной дуговой наплавки достаточно прост для понимания сварщиком и технологом, поэтому построение технологии ручной дуговой наплавки и её метрологическое обеспечение не должно встретить затруднений. Также следует отметить

высокую универсальность ручной дуговой наплавки, которая позволяет восстанавливать детали машин со сложной геометрией.

Недостатки, присущие ручной дуговой наплавке, заставляют искать замену этому способу восстановления деталей машин. При этом ручная дуговая наплавка вытесняется более производительными и более перспективными способами.

Для повышения эффективности наплавки следует серьёзно отнестись к выбору наплавочных материалов. Применить при этом универсальные электроды нежелательно, так как в этом случае стойкость наплавленного слоя против износа будет незначительной.

В настоящее время всё большее распространение получают механизированные и автоматические способы наплавки проволокой сплошного сечения и порошковой проволокой, которые позволяют повысить эксплуатационные свойства восстановленных деталей при правильном выборе состава проволоки.

Также при восстановительной наплавке перспективным считается применение плазменных методов, которые позволяют варьировать свойства наплавленного слоя за счёт широкого выбора наплавочных порошков.

Типовой деталью, для которой требуется проведение восстановительной наплавки, является гидравлическая коробка бурового насоса. Базовый вариант восстановительной наплавки предусматривает проведение ручной дуговой наплавки. Эффективность восстановительных работ может быть повышена за счёт применения перспективных способов восстановления деталей машин. Это позволит повысить производительность работ, снизит процент брака и увеличит продолжительность эксплуатации восстанавливаемых деталей.

Исходя из этого следует признать актуальность выбранной тематики исследования и цель выпускной квалификационной работы – повышение эффективности восстановительной наплавки гидравлических коробок буровых насосов.

1 Современное состояние технологии ремонта коробок буровых насосов

1.1 Описание детали и особенностей ремонта

На рисунке 1 представлен внешний вид гидравлических коробок буровых насосов, которые применяются для обеспечения работы насоса. Гидравлическая коробка образует рабочую камеру насоса и каналы для поступления к рабочим камерам жидкости, крепления элементов гидравлической системы.

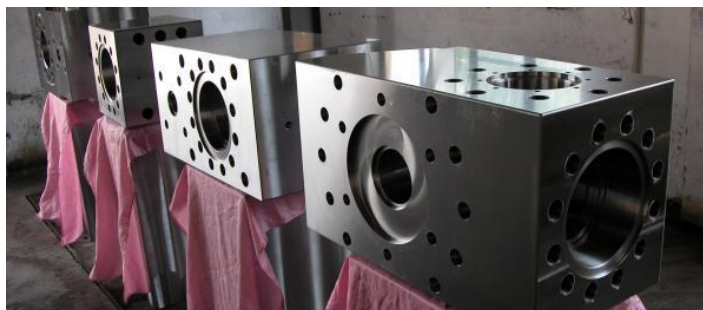


Рисунок 1 – Внешний вид гидравлической коробки насоса

По конструктивному исполнению гидравлическая коробка насоса может быть сварной, ковальной или литой. Кованная гидравлическая коробка имеет преимущество – простоту изготовления, малую массу при значительной величине рабочего давления насоса.

Гидравлическая коробка может быть выполнена как одноцилиндровая, так и многоцилиндровая. Если насос двухцилиндровый, то, как правило, он комплектуется гидравлическими коробками для каждого цилиндра отдельно. В ряде случаев после сборки отдельных гидравлических коробок со станиной выполняют их фиксирование друг относительно друга при помощи болтового соединения или сварки. Зачастую для многоцилиндровых насосов гидравлические коробки выполняют в виде блока цилиндров, как показано на рисунке 2. Рабочее давление стальных литых коробок составляет 25 МПа, а давление кованных коробок может быть намного выше.



Рисунок 2 – Многоцилиндровая гидравлическая коробка бурового насоса

В настоящей выпускной квалификационной работе рассматривается вопрос восстановительной наплавки гидравлической коробки бурового насоса УНБ-600, которая представлена на рисунке 2. Коробка выполняется из стали 30ХГСА и имеет массу 1655 кг. Такая коробка рассчитывается на давление 25 МПа.

Назначение гидравлической коробки – принимать и подавать буровой раствор в процессе бурения скважин. При возвратно-поступательном движении штока с поршнем в корпусе гидравлической коробки происходит нагнетание и всасывание бурового раствора. Для обеспечения нагнетания бурового раствора гидравлическая коробка снабжается клапанами.

Главным образом выход из строя гидравлических коробок происходит по причине нарушений при подготовке буровой смеси, неправильной сборки и регулировки деталей насоса. Эксплуатационный износ гидравлической коробки происходит вследствие абразивного воздействия раствора на рабочую поверхность.

Основой бурового раствора является вода с содержащимися в ней глинистыми веществами, которые имеют тонкодисперсную структуру. Добавками в буровой раствор служит значительное количество компонентов,

которые зависят от особенностей выполняемой работы. В случае работы при повышенных давлениях в буровой раствор добавляют утяжелители, в качестве которых выступает бармит, гематит или мел. При работе при повышенных температурах в раствор добавляют вещества, сохраняющие свойства раствора в условиях действия повышенных температур. В качестве таких веществ выступают хроматы кальция и натрия.

Описанные выше добавки повышают фрикционные свойства бурового раствора и увеличивают интенсивность износа рабочей поверхности гидравлической коробки, что особенно сильно проявляется на поверхностях, контактирующих с поршнем. Износ рабочих поверхностей гидравлической коробки насоса приводит к снижению его эксплуатационных характеристик. Так, при износе более 2 мм для диаметра цилиндра 250 мм насос не позволяет обеспечить требуемого давления при перекачке бурового раствора.

В зависимости от степени износа гидравлическая коробка подлежит капитальному ремонту наплавкой или замене.

После демонтажа гидравлической коробки и её очистки от загрязнений выполняют внешний осмотр рабочих поверхностей и контрольные замеры. По результатам осмотра принимается решение о дальнейшей эксплуатации детали.

В случае износа менее 2 мм и отсутствия на рабочих поверхностях задиров и иных недопустимых дефектов коробку помечают зелёным цветом и признают годной. Такую деталь направляют на участок комплектации.

В случае износа рабочей поверхности в диапазоне 2...5 мм и отсутствии недопустимых дефектов деталь признают ремонтпригодной, помечают желтым цветом и подают на участок ремонтной наплавки.

В случае износа величиной более 5 мм деталь признают негодной, помечают красным цветом и направляют на утилизацию.

1.2 Сведения о материале детали

Для изготовления гидравлической коробки применяется сталь 30ХГСА. Содержание химических элементов в стали представлено в таблице 1.

Таблица 1 – Содержание химических элементов в стали 30ХГСА

C	Mn	Si	Cr	Ni	S	P
0,31	1,00	1,10	0,95	0,11	0,018	0,014

За счёт повышенного содержания углерода в стали 30ХГСА по сравнению с низкоуглеродистыми сталями обеспечивается повышение эксплуатационных свойств – прочности и износостойкости. Отрицательным эффектом от повышенного содержания углерода следует отметить существенное ухудшение свариваемости стали. Снижение свариваемости отрицательно сказывается на эффективности технологии восстановительной наплавки деталей из этой стали. При сварке стали 30ХГСА наблюдается склонность к образованию холодных трещин и горячих трещин.

Быстрый нагрев и охлаждение при сварке и наплавке становится причиной получения неблагоприятной структуры металла и образования высокого уровня остаточных напряжений.

В работах [11], [13] показано, что правильный выбор сварочных материалов позволяет эффективно противостоять образованию холодных трещин при сварке стали 30ХГСА.

В ряде случаев возникающая трещина мигрирует из металла сварного шва в околошовную зоны и обратно, при этом в значительной степени повреждения трещинами подвергается участок сплавления, в котором происходит частичная или полная перекристаллизация металла при сварке. Обычно трещина проходит по участку сплавления или в непосредственной близости от него в так называемом участке «подплавления».

Также следует принимать во внимание, что зародышами для образования микротрещин могут служить различные дефекты в металле, к которым относят поры и неметаллические включения. Зачастую в качестве зародыша для трещины становятся строчечные включения сульфидных эвтектик.

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.

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. Также 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.

Таким образом, для устранения опасности образования трещин при наплавке деталей из стали 30ХГСА следует выполнять правильное назначение параметров режима, которые обеспечат формирование оптимального температурного поля. Также необходимо обеспечить минимальное количество дефектов в виде пор и неметаллических включений.

1.3 Описание операций базового технологического процесса ремонтной наплавки гидравлической коробки

Предварительно проводят демонтаж гидравлической коробки, которая снимается с насоса и с использованием мостового крана перемещается на ремонтный участок предприятия. Далее деталь помещают на участок подготовки.

Первой операцией технологического процесса является очистка гидравлической коробки от загрязнений. Для этого применяется моечный аппарат «Посейдон», который представлен на рисунке 3. Данный аппарат позволяет развивать давление моечной жидкости до 250 атмосфер и подавать её с расходом 30 литров в минуту. Масса аппарата составляет 247 кг.



Рисунок 3 – Применяемый для удаления загрязнений с гидравлической коробки моечный аппарат «Посейдон»

Второй операцией является дефектация, которая выполняется с применением измерительных инструментов. Изношенная поверхность гидравлической коробки осматривается и проверяется на отсутствие недопустимых дефектов. Недопустимыми дефектами являются трещины, задиры, сколы. По результату осмотра принимается решение о возможности проведения ремонтной наплавки гидравлической коробки.

Проверку диаметра цилиндра на гидравлической коробке проводят в четырёх различных сечениях, при этом в каждом сечении выполняют по два измерения, которые должны быть расположены перпендикулярно друг другу. Для измерений применяется нутромер, который представлен на рисунке 4.

По результатам проведенных измерений на каждую гидравлическую коробку составляется индивидуальная технологическая карта, которая учитывает особенности износа каждой коробки. При выполнении дальнейших операций технологического процесса руководствуются индивидуальной картой.



Рисунок 4 – Нутромер

При помощи мостового крана гидравлическая коробка перемещается на участок наплавки. Для дуговой наплавки применяются покрытые электроды НИАТ-3М, которые представлены на рисунке 5. Электроды имеют флюоритно-кальциевое покрытие. Для наплавки применяется вращатель, который позволяет поддерживать нижнее положение при выполнении наплавки, при этом деталь закрепляют на планшайбе вращателя.

Наплавку начинают на центральной части корпуса гидравлической коробки. Наплавку ведут кольцевыми валиками. Сила сварочного тока принимается 120 А, диаметр электродов 3 мм. Сварку ведут как можно более короткой дугой, что позволяет уменьшить разбрызгивание и выгорание легирующих элементов. После наплавки слоя шириной 100 мм деталь

переворачивают и выполняют наплавку с другой стороны центрального валика. Такая схема наплавки позволяет уменьшить перегрев детали и снизить в ней уровень остаточных напряжений после наплавки.



Рисунок 5 – Электроды НИАТ-3М

После наплавки каждого кольцевого валика выполняют его зачистку после остывания шлака. После выполнения ремонтной наплавки всей поверхности выполняют визуальный контроль.

При наплавке для контроля качества применяют визуальный контроль, контроль проникающими веществами и контроль твёрдости.

Визуальный контроль является первичным и служит для выявления очевидных несоответствий и отклонений от требований нормативной документации. Применяют лупу с увеличением 4 крат.

После визуального контроля качества проводят механическую обработку для получения заданного размера и формы.

Для обнаружения недопустимых поверхностных дефектов проводят контроль проникающими веществами. При этом недопустимыми являются такие дефекты, как одиночные трещины, сетки трещин, поры с выходом на поверхность.

Шероховатость поверхности перед проверкой проникающими веществами не должна превышать Rz 20. Перед проведением контроля следует очистить контролируемую поверхность ацетоном. Далее наносят на

поверхность пенетрат Sherwin и выдерживают его в течение 15 минут. После этого смывают пенетрат с использованием очистителя Sherwin при помощи смоченной матерчатой ткани. Далее на контролируемую поверхность наносят проявитель Sherwin и выдерживают в течение 30 минут. Набор для контроля проникающими веществами представлен на рисунке 6.

Далее при помощи твердомера контролируют твёрдость наплавленной поверхности, которая должна быть не менее 60...62 HRC. На рисунке 7 представлен портативный беспроводной твердомер Equotip Live Leeb D.



Рисунок 6 – Набор для контроля проникающими веществами Sherwin



Рисунок 7 – Портативный беспроводной твердомер Equotip Live Leeb D

При обнаружении недопустимых дефектов производят их удаление при помощи абразивного круга и наплавку выборки.

1.4 Анализ источников научно-технической информации по вопросу повышения эффективности ремонтной наплавки деталей машин

Для научного обоснования технических решений настоящей выпускной квалификационной работы и повышения её общего технического уровня выполнен поиск источников научно-технической информации по вопросу повышения эффективности ремонтной наплавки деталей машин. Для поиска источников информации использовалась поисковая система ГУГЛ и база данных, в качестве которых были изучены Диссеркэт, Киберленинка и ПатонПаблиц.

В первой работе [22] показано, что при работе деталей машин в условиях трения эффективным способом восстановления может стать газотермическое нанесение покрытий. Предложены составы восстановительных покрытий. Оказано, что применение покрытия на никелевой основе позволяют получить высокую прочность сцепления с основой и стойкость по отношению к износу при трении «металл-металл». Это объясняется высокой стойкостью против изнашивания аустенитных композиций по сравнению с железоуглеродистыми композициями.

Представленная работа показывает высокую эффективность применения газотермического нанесения покрытия при восстановлении деталей машин и будет применена при анализе альтернативных способов восстановления рассматриваемой детали.

Во второй работе [12] представлены результаты исследования стойкости наплавленного металла против образования холодных трещин в случае сварки и наплавки на закаливающиеся стали.

Представленная работа показывает высокую эффективность применения ручной дуговой наплавки специальными электродами при восстановлении деталей машин и будет применена при анализе альтернативных способов восстановления рассматриваемой детали.

В третьей работе [25] проведён анализ условий работы промышленного смесителя, оценка износостойкости его деталей в эксплуатации, а также рассмотрение возможных путей решения проблемы.

Результаты этой работы будут использованы при анализе состояния вопроса.

В четвёртой работе [14] показана высокая эффективность ручной дуговой наплавки с применением специальных электродов, в состав которых введены такие элементы, как марганец, хром. А также вещества – ферротитан, графит, азотированный марганец и феррованадий.

Наплавленный металл имеет аустенитную структуру и обладает высокой износостойкостью. Твёрдость наплавленного металла составляет 180...260 HV, а состав наплавленного металла соответствует стали 15X9Г19АТ. Твёрдость наплавленного металла составляет 260...306 HV, а состав наплавленного металла соответствует стали 35X9Г22ФТ.

Представленная работа показывает высокую эффективность применения ручной дуговой наплавки специальными электродами при восстановлении деталей машин и будет применена при анализе альтернативных способов восстановления рассматриваемой детали.

В пятой работе [23] показана высокая эффективность восстановительной наплавки в углекислом газе, при этом для повышения качества и снижения разбрызгивания предлагается осуществлять импульсную подачу проволоки. Эффективность предлагаемых решений проверена применительно к случаю наплавки образцов из стали 30ХГСА.

Представленная работа показывает высокую эффективность применения механизированной и автоматической наплавки в защитных газах проволокой сплошного сечения при восстановлении деталей машин и будет применена при анализе альтернативных способов восстановления рассматриваемой детали. Также предполагается применение этой работы для построения проектной технологии наплавки.

1.5 Формулировка задач выпускной квалификационной работы

В настоящей выпускной квалификационной работе поставлена цель – повышение эффективности восстановительной наплавки гидравлических коробок буровых насосов.

Базовая технология ремонтной наплавки предусматривает проведение дуговой наплавки покрытыми электродами.

Применяемая базовая технология имеет ряд недостатков. Первым недостатком является малая производительность ручной дуговой наплавки, которая не может быть повышена за счёт форсирования режимов или применения новых электродов. Вторым недостатком является вредность условий труда сварщика, которому приходится работать в атмосфере сварочного аэрозоля и излучения от дуги. Третьим 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. Четвёртым недостатком является малая стабильность качества, имеющая прямую зависимость от квалификации сварщика.

При анализе свойств стали 30ХГСА, из которой выполнена рассматриваемая гидравлическая коробка, сформулированы трудности при восстановительной сварке и наплавке – образование холодных и горячих трещин.

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 восстановительной наплавки рассматриваемой детали. В ходе решения этой задачи следует составить список возможных способов восстановления, применение которых по отношению к рассматриваемой детали будет эффективно. Далее следует провести

экспертную оценку способов по выбранным технологическим критериям и принять обоснованное решение о применении того или иного способа ремонтной наплавки.

Второй задачей является повышение эффективности выбранного способа восстановления. При этом следует рассмотреть разработки, предложенные отечественными и зарубежными исследователями – сварщиками. На основании изученных работ следует предложить технологические и аппаратные мероприятия по повышению эффективности выбранного способа сварки.

Третьей задачей является построение проектной технологии восстановительной наплавки. 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. По результатам решения этой задачи планируется составление технологической карты, которая будет вынесена в графическую часть настоящей выпускной квалификационной работы.

После исполнительского блока выпускной квалификационной работы последуют два оценочных блока, в которых будет выполнено экологическое и экономическое обоснование результатов выпускной квалификационной работы.

Четвёртой задачей является анализ предлагаемых в выпускной квалификационной работе решений на предмет экологической безопасности и обеспечения безопасности труда [2], [8].

Пятой задачей является оценка экономической эффективности внедрения проектной технологии в производство, что позволит сделать вывод о достижении поставленной цели [19], [21].

2 Построение проектной технологии восстановительной наплавки детали

2.1 Обоснование выбора способа восстановительной наплавки

Применительно к конкретной детали выбор того или иного способа восстановительной наплавки должен быть обоснован с использованием технологических критериев. Обобщённая диаграмма применения различных способов восстановления согласно работам [3], [24] представлена на рисунке 8. Применяемые способы наплавки имеют различия по толщине слоя наплавки и производительности, что показано в таблице 2. Построение проектной технологии восстановления вала предусматривает выполнение одного из трёх маршрутов, которые представлены на рисунке 9.

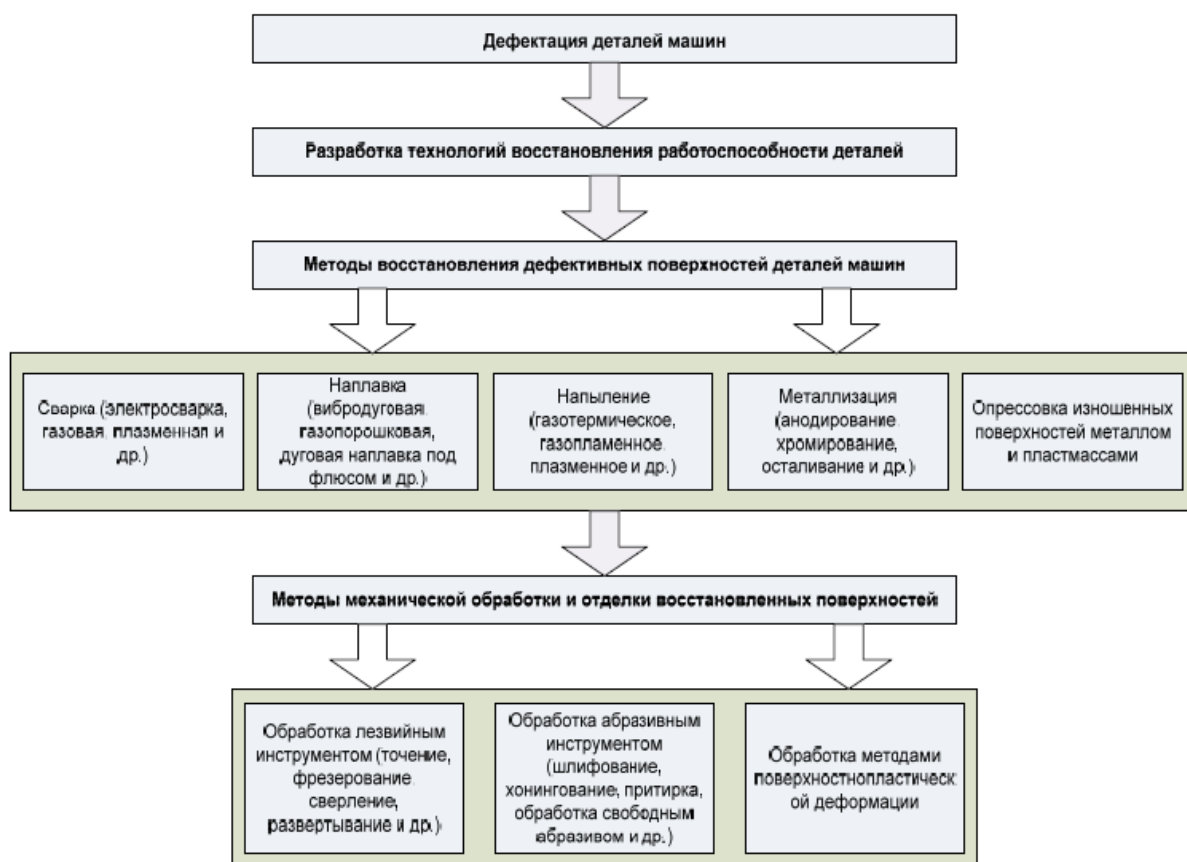


Рисунок 8 – Обобщённая диаграмма применения различных технологических приёмов для восстановления деталей машин

Таблица 2 – Сравнительная характеристика способов наплавки [3]

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
Газопорошковая	0,5-3,0	1	0,3-3,0
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 порошком	0,8-6,0	5-15	0,3-6,0
Индукционная» [3]	2-15	5-15	0,4-3,0

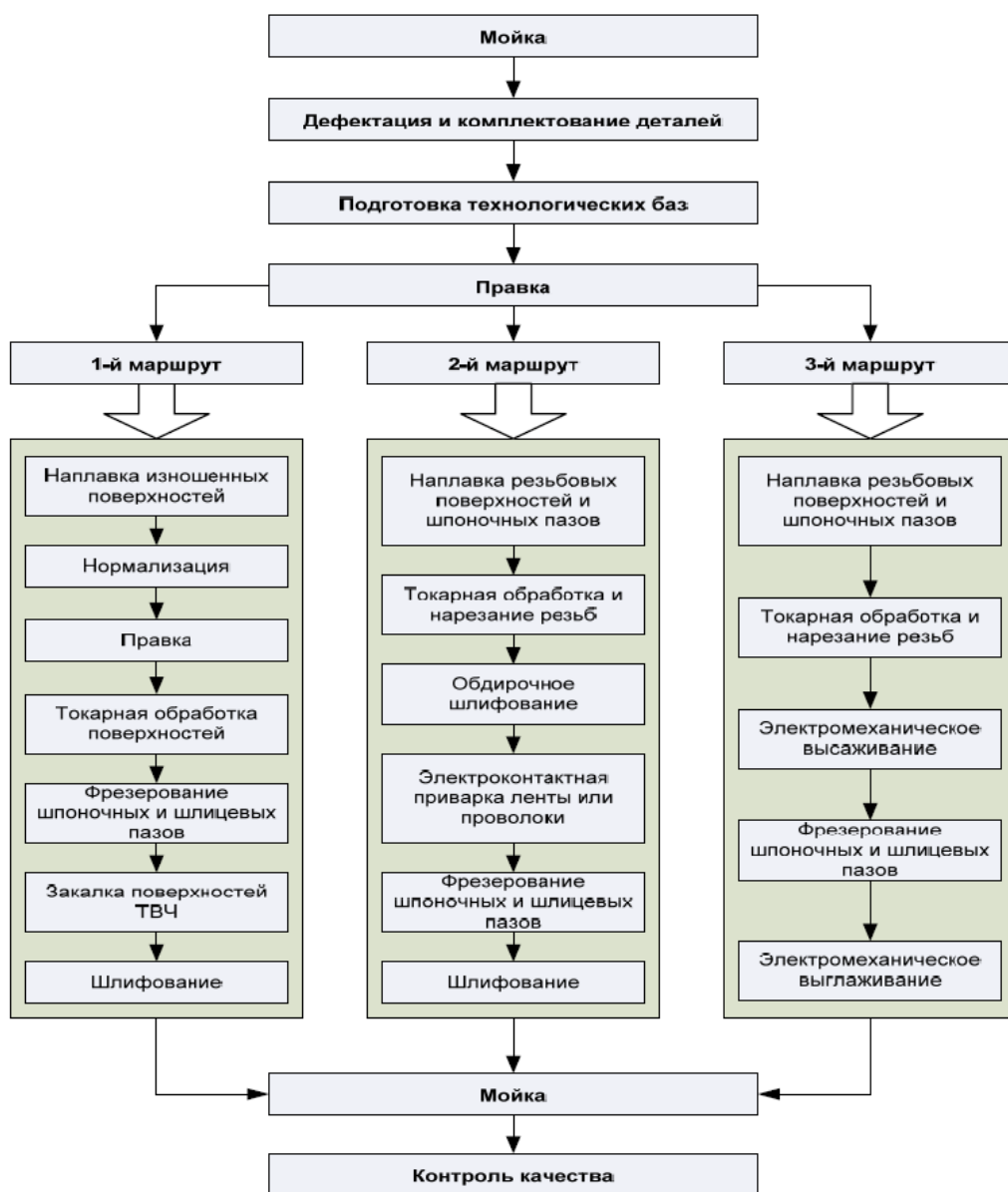


Рисунок 9 – Построение технологического процесса восстановления вала

Анализ данных таблицы 2 позволяет рекомендовать для рассматриваемой восстанавливаемой детали такие способы: «ручная дуговая наплавка, наплавка в среде углекислого газа, плазменная наплавка и наплавка порошковой проволокой.

На рисунке 10 представлена схема выполнения ручной дуговой наплавки. Этот способ восстановления деталей машин позволяет выполнять наплавку слоя значительной толщины, что увеличивает производительностью процесса и делает возможным исправление износа 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.

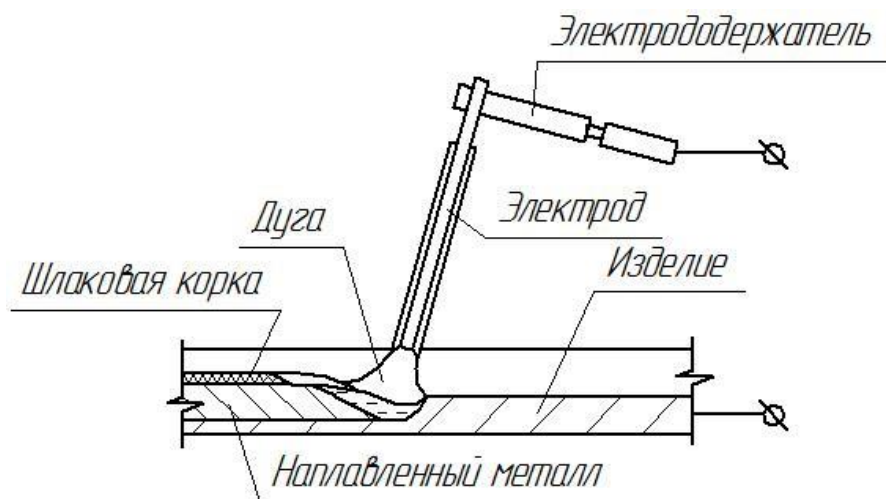


Рисунок 10 – Схема дуговой наплавки штучными электродами

Указанные выше преимущества ручной дуговой наплавки объясняют широкое распространение этого способа восстановления деталей машин. Однако ручная дуговая наплавка имеет ряд существенных недостатков,

которые заставляют вести поиск и внедрять новые, более перспективные способы восстановления деталей машин. Первым недостатком является малая производительность ручной дуговой наплавки, которая не может быть повышена за счёт форсирования режимов или применения новых электродов. Вторым недостатком является вредность условий труда сварщика, которому приходится работать в атмосфере сварочного аэрозоля и излучения от дуги. Третьим 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. Четвёртым недостатком является малая стабильность качества, имеющая прямую зависимость от квалификации сварщика.

На рисунке 11 представлена схема выполнения восстановительной наплавки в защитных газах. Этот способ восстановления деталей машин может считаться одним из самых технологичных способов, так как газовая защита позволяет отказаться от использования флюса и получать наплавленный слой без шлаковой корки. Наплавка может вестись в различных пространственных положениях. Применение в качестве защитного газа углекислого газа позволяет существенно снизить затраты на осуществление способа.

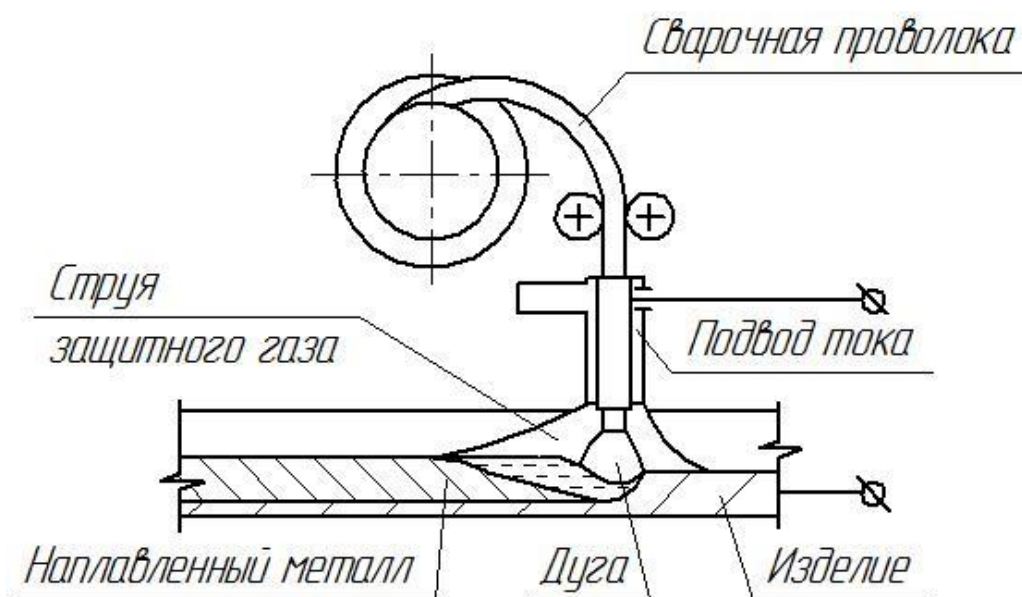


Рисунок 11 – Схема наплавки в защитных газах

Ограничение применения наплавки в защитных газах в промышленности ограничивается рядом недостатков. 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.

На рисунке 12 представлена схема выполнения плазменной наплавки. 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 [7], [20], [27].

Следует отметить, что в настоящий момент отечественная промышленность не выпускает установок для плазменно-порошковой наплавки, на внутреннем рынке представлены иностранные фирмы, продукция которых имеет высокую стоимость и поставка которой в любой момент может быть прекращена.

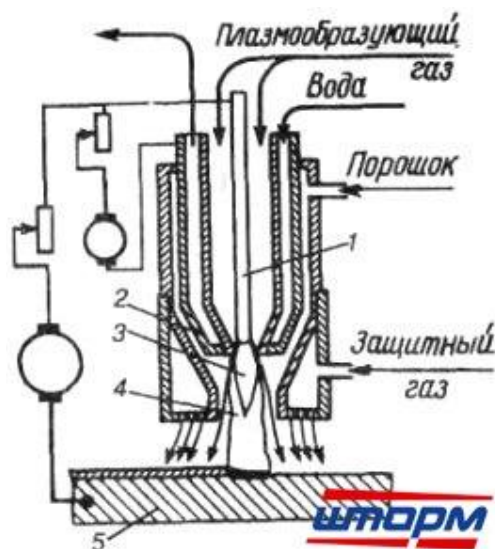


Рисунок 12 – Схема плазменной наплавки с вдуванием порошка в дугу

На рисунке 13 представлена схема выполнения наплавки порошковой проволокой. Этот способ восстановления деталей машин сочетает в себе преимущества ручной дуговой наплавки и наплавки в защитных газах. Поскольку легирующие компоненты вводятся через шихту сварочной проволоки, стоимость такой порошковой проволоки оказывается меньше, чем у аналогичной по составу проволоки сплошного сечения. Кроме того, применение порошковой проволоки позволяет обеспечить систему легирования любой сложности, чего при использовании проволоки сплошного сечения в ряде случаев сделать не удаётся.

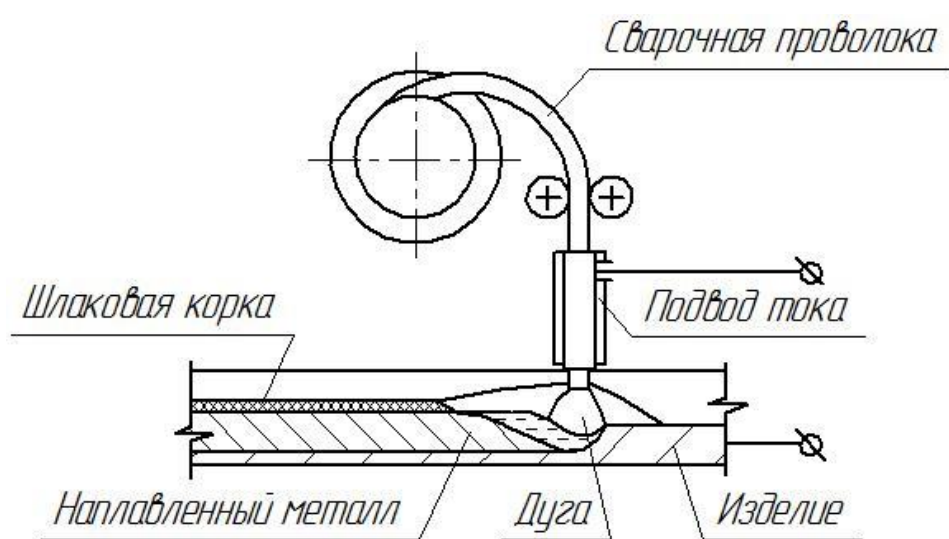


Рисунок 13 – Схема наплавки порошковой проволокой

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 основании сформулированных ранее преимуществ и недостатков каждого способа следует выполнить экспертную оценку по критериям, сформулированным в работах [1], [5], [10].

В качестве критериев оценки выступают:

- стоимость оборудования и материалов,
- производительность процесса,
- количество дефектов при восстановлении,
- условия труда,
- эксплуатационные свойства восстановленного изделия,
- интегральная экономическая эффективность способа восстановления.

На основании анализа преимуществ и недостатков каждого способа для построения проектной технологии восстановления гидравлической коробки применим наплавку в защитных газах проволокой сплошного сечения.

2.2 Повышение эффективности восстановительной наплавки в защитных газах проволокой сплошного сечения

В результате поиска информации в сети Интернет по вопросу повышения эффективности сварки наплавки проволоками сплошного сечения в защитных газах установлено, что импульсное управление горением сварочной дуги остаётся перспективным направлением. В работах [6], [16], [17] показано, что периодическое изменение формы дуги позволяет управлять переносом электродного металла при сварке как в активных, так и в инертных газах, а также в их смесях. При этом возможна оптимизация как условия переноса электродного металла в сварочную ванну, так и металлургических процессов при формировании сварного соединения.

Сварочная дуга, которая горит в атмосфере защитного газа (за исключением аргона) имеет малую устойчивость. Для того, чтобы повысить устойчивость процесса переноса электродного металла и пространственную стабильность сварочной дуги возможно применение нескольких способов.

Первый способ предусматривает сварку короткой дугой в условиях естественного импульсного процесса, который характеризует состояние

системы «источник питания – сварочная дуга» при механизированной сварке и наплавке в углекислом газе.

Второй способ предусматривает применение активизирующих присадок, например, солей щелочных металлов, введение которых в электрод повышает стабильность горения дуги при сварке на прямой полярности.

Третий способ предусматривает применение газовой смеси, в которой содержание аргона превышает 80%. Это позволяет повысить пространственную стабильность сварочной дуги и перенос электродного металла.

Четвёртый способ предусматривает применение импульсного управления, которое при использовании в качестве защитного газа углекислого газа позволяет добиться высокой стабильности процесса.

Благодаря применению импульсного переноса электродного металла решаются задачи уменьшения потерь электродного металла на разбрызгивание и угар, стабильности положения дуги при сварке в различных пространственных положениях, улучшения формирования корня шва.

В результате сложного динамического влияния на каплю расплавленного электродного металла при сварке с импульсным управлением приходится решать следующие задачи. Первой задачей является формирование на торце электрода капли расплавленного металла и создание условий оптимального перехода в сварочную ванну. Второй задачей является регулирование основных электрических параметров (ток и напряжение) в зависимости от протекания процесса переноса в сварочную ванну. Третьей задачей является восстановление длины дуги после её удлинения или укорочения, т.е. необходимость поддержания саморегулирования длины дуги.

На рисунке 14 представлены диаграммы изменения тока при традиционном импульсном управлении (рисунок 14-а) и при управлении в режиме SpeedPluse (рисунок 14-б).

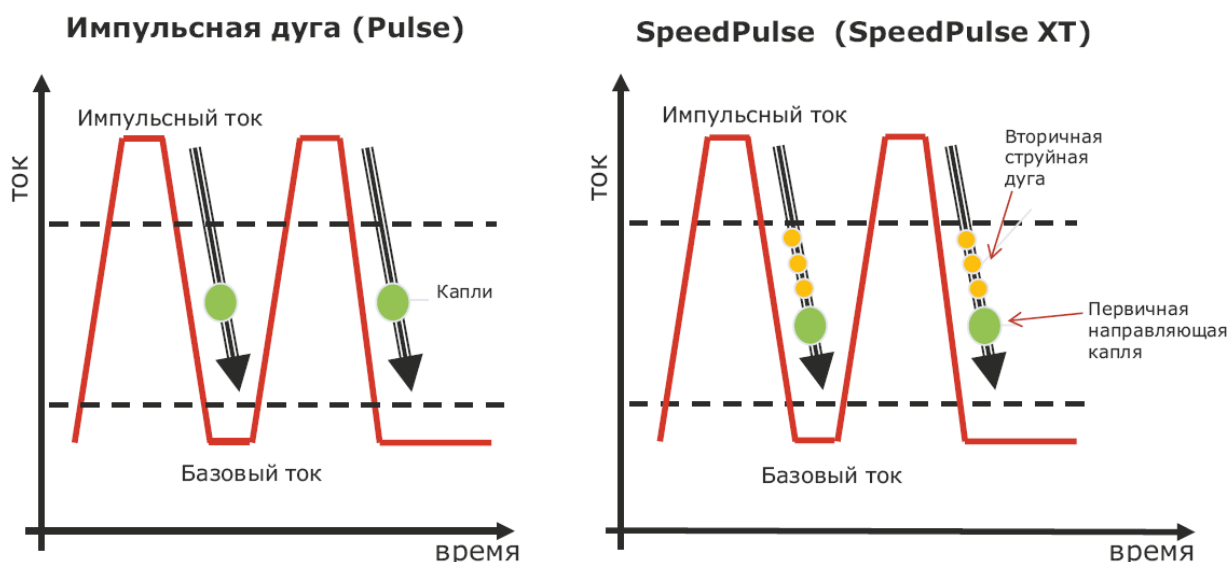


Рисунок 14 – Механизм переноса электродного металла: импульсная дуга (а), режим дуги SpeedPuls (б).

При наплавке в среде защитного газа обеспечивается дозированное вложение тепла и перенос электродного металла. При этом существенно снижаются остаточные напряжения, устраняется опасность возникновения холодных и горячих трещин. Дозированный перенос электродного металла получается за счёт формирования импульсов сварочного тока. При этом традиционное импульсное управление приводит к снижению производительности наплавочных работ. В отличие от традиционной импульсной сварки сварка и наплавка с применением технологии SpeedPuls предусматривает включение струйного переноса на короткий период в момент паузы между импульсами. В результате этого повышается производительность наплавки приблизительно на 50 %, а вложение тепла в деталь уменьшается на 20 %.

Особенно актуальными положительными особенностями процесса SpeedPuls являются для восстановительной наплавки. Применение этого процесса, который позволяет повысить производительность и уменьшить тепловое воздействие на деталь, оказывается наиболее предпочтительным по сравнению с другими известными способами повышения эффективности наплавки в защитных газах [18].

2.3 Назначение параметров режима ремонтной наплавки

Типовая осциллограмма тока при сварке и наплавке с использованием технологии SpeedPulse представлена на рисунке 15. Вторичный переход процесса сварки в струйный в течение интервала между импульсами обеспечивается за счёт модификации импульса сварочного тока. При этом струйный режим следует за первичной каплей электродного металла.

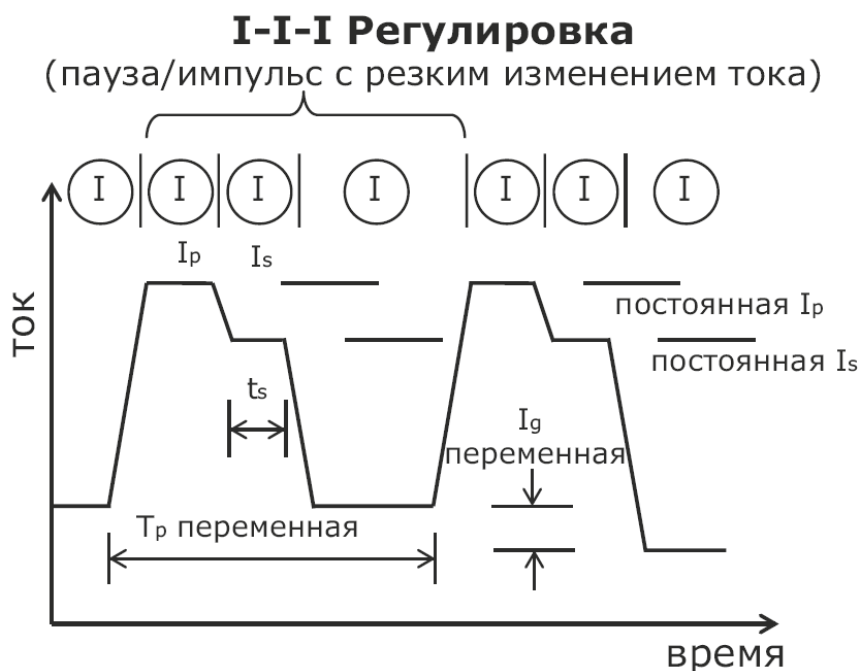


Рисунок 15 – Типовая осциллограмма процесса SpeedPulse

«Одним из основных параметров, которые определяют особенности протекания процесса сварки по технологии SpeedPulse, является амплитуда импульсов сварочного тока. При сварке в углекислом газе этот параметр определяет геометрию сварного шва, в частности, глубину проплавления и ширину шва. На рисунке 16 представлена диаграмма зависимости ширины шва и глубины проплавления от амплитуды импульсов сварочного тока. Наблюдаемое увеличение глубины проплавления объясняется тем, что при увеличении амплитуды импульса сварочного тока повышается давление сварочной дуги, что сопровождается вытеснением из сварочной ванны расплавленного металла. При этом повышается проплавляющая способность дуги» [18].

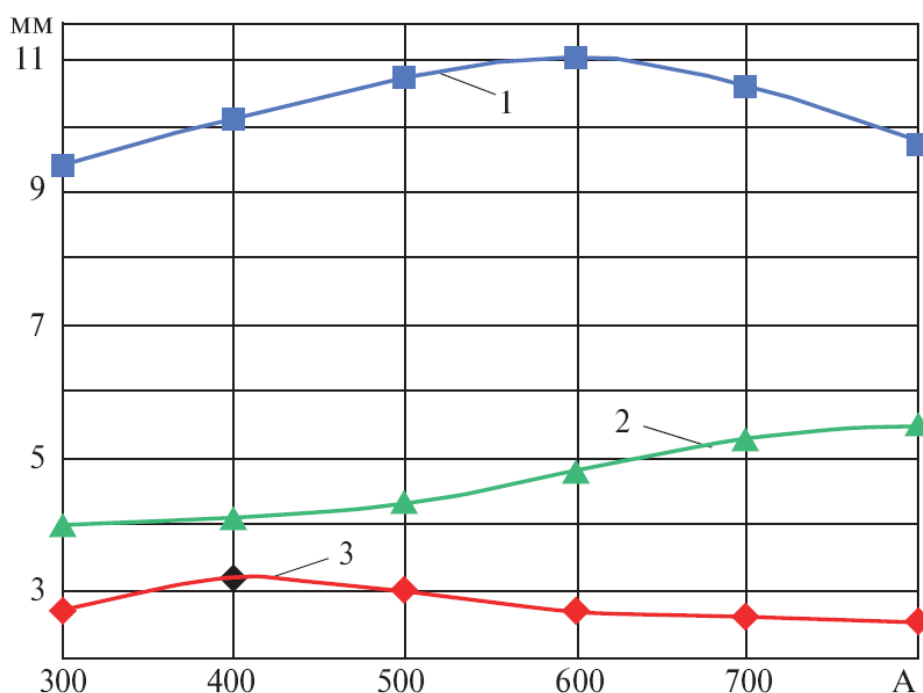


Рисунок 16 – Зависимость глубины проплавления Нв (1), ширины В (2), и выпуклости Е (3) шва от амплитуды тока ($V_{п} = 450$ м/ч; $V_{св} = 15$ м/ч)

При проведении восстановительной наплавки повышение глубины проплавления приводит к усилению легирования наплавленного слоя из основного металла. Поскольку происходит наплавка износостойкого слоя, такой переход элементов из основного металла в наплавленный слой нам не желателен.

На рисунке 17 представлена диаграмма зависимости глубины проплавления и ширины шва от длительности импульсов сварочного тока. Видно, что при увеличении длительности импульсов сварочного тока наблюдается рост ширины и глубины сварного шва. При этом происходит уменьшение выпуклости наплавленного металла. На основании этого следует предостеречь от назначения чрезмерно длинных импульсов тока.

Длительность импульса и амплитуда сварочного тока определяют количество энергии, которая вводится в сварочную ванну при наплавке.

Увеличение среднего значения сварочного тока, как показано на рисунке 18, приводит к увеличению проплавления. При увеличении тока происходит уменьшение толщины прослойки жидкого металла в ванне.

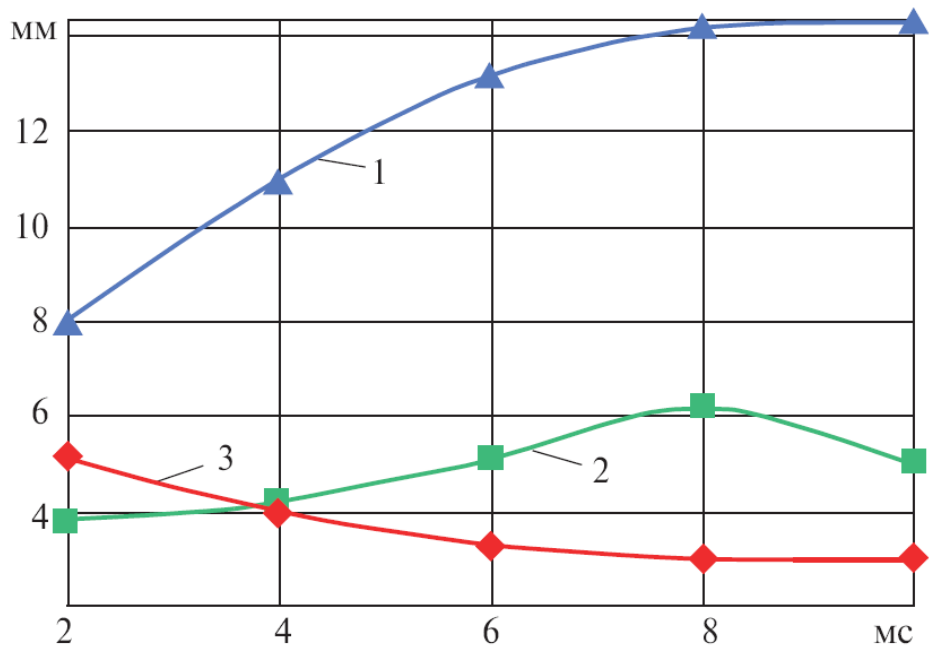


Рисунок 17 – Зависимость глубины проплавления Hb (1), ширины B (2), и выпуклости E (3) шва от длительности импульсов ($I_{cp} = 200 \text{ A}$; $V_{п} = 450 \text{ м/ч}$; $V_{св} = 15 \text{ м/ч}$)

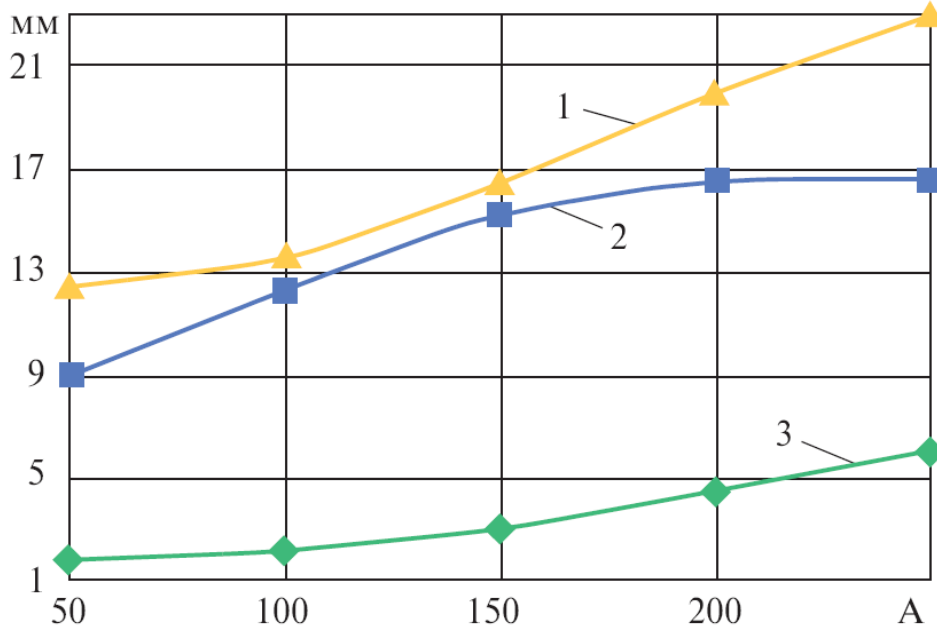


Рисунок 18 – Зависимость глубины проплавления Hb (1), ширины B (2), и выпуклости E (3) шва от среднего значения тока

Таким образом, при построении проектной технологии ремонтной наплавки следует руководствоваться полученными номограммами, представленными на рисунках 16, 17 и 18.

2.4 Технология ремонтной наплавки

В проектной технологии вспомогательные операции по отношению к базовой технологии не изменяются. При выполнении ремонтной наплавки следует провести предварительный подогрев детали до температуры 250...300 °С, после чего следует выполнять ремонтную наплавку.

Для предварительного подогрева применяется печь, в которой деталь выдерживают в течение 1 часа. В качестве печи используют камерную печь СНОЛ 500/12-ВП, которая представлена на рисунке 19



Рисунок 19 – Камерная печь СНОЛ 500/12-ВП

Для наплавки применяется вращатель, который позволяет поддерживать нижнее положение при выполнении наплавки, при этом деталь закрепляют на планшайбе вращателя.

При наплавке используют постоянный ток обратной полярности. Применяется присадочная проволока Св- НП-20Х14 диаметром 1,8 мм. Среднее значение сварочного тока принимается равным 130...150 А при скорости наплавки 15 м/час. Параметры импульса тока: I_g – 90 А, величина тока I_p – 250 А, величина тока I_s – 190 А. Продолжительность импульсов тока: I_g – 0,01 с, I_p – 0,05 с, I_s – 0,05 с.

После наплавки слоя шириной 100 мм деталь переворачивают и выполняют наплавку с другой стороны центрального валика. Такая схема наплавки позволяет уменьшить перегрев детали и снизить в ней уровень остаточных напряжений после наплавки.

В качестве источника тока применяется сварочный аппарат AURORA SKYWAY 300, который представлен на рисунке 20.



Рисунок 20 – Сварочный аппарат AURORA SKYWAY 300

При наплавке для контроля качества применяют визуальный контроль, контроль проникающими веществами и контроль твёрдости.

Визуальный контроль является первичным и служит для выявления очевидных несоответствий и отклонений от требований нормативной документации. Применяют лупу с увеличением 4 крат.

После визуального контроля качества проводят механическую обработку для получения заданного размера и формы.

Для обнаружения недопустимых поверхностных дефектов проводят контроль проникающими веществами. При этом недопустимыми являются

такие дефекты, как одиночные трещины, сетки трещин, поры с выходом на поверхность.

При обнаружении недопустимых дефектов производят их удаление при помощи абразивного круга и наплавку выборки.

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

Дальнейшее выполнение выпускной квалификационной работы предусматривает разработку оценочного блока [15] в котором предстоит оценить экологичность предложенных в работе решений и дать оценку на предмет обеспечения безопасности труда [2], [8].

Также при выполнении оценочного блока предстоит оценить возможный экономический эффект при внедрении предлагаемых решений в производство [19], [21].

3 Обеспечение безопасности и экологичности предлагаемых технических решений

3.1 Конструктивно-технологическая характеристика рассматриваемого объекта

Настоящая выпускная квалификационная работа посвящена решению вопроса повышения эффективности сварочных и наплавочных операций при ремонте деталей машин. В качестве конкретной детали в работе рассматривается гидравлическая коробка бурового насоса. На основании анализа известных решений для построения проектной технологии предложено использовать механизированную сварку проволокой сплошного сечения в среде защитных газов.

Поскольку в проектную технологию были внесены изменения по сравнению с базовым процессом, возможно появление новых негативных производственных факторов, действие которых на персонал могут повлечь за собой вред физическому состоянию или порчу здоровья. Таким образом, возникающие негативные факторы должны быть идентифицированы и устранены.

Проектная технология ремонтной сварки условно может быть разделена на семь этапов, особенности выполнения которых представлены в таблице 3. Первой операцией является подготовительная, для выполнения которой применяется моющий аппарат «Посейдон» и печь для прокали. Второй операцией является дефектация, для выполнения которой применяется комплект измерительного оборудования. Третьей операцией является подготовка дефектного места, для выполнения которой применяется пневматическая зачистная машинка и компрессор. Четвёртой операцией является предварительный подогрев, для выполнения которой применяется электрическая печь. Пятой операцией является ремонтная наплавка, для выполнения которой применяется сварочный полуавтомат, источник

питания, вращатель, газовая аппаратура. Шестой операцией является механическая обработка, для выполнения которой применяется токарный станок. Седьмой операцией является контроль качества, для выполнения которого применяется набор визуально-измерительного контроля и набор для проведения контроля проницающими веществами.

Таблица 8 – Особенности выполнения проектного технологического процесса

Наименование технологической операции в соответствии с проектным процессом	Привлекаемый для выполнения операции персонал	Перечень применяемого на операции технологического оборудования
1. «Подготовительная	Слесарь-сборщик	Моющий аппарат "Посейдон" E15-250-30-Reel, Печь для прокалки
2 Дефектация	Инженер - дефектоскопист	Штангенциркуль, линейка измерительная, лупа
3. Подготовка дефектного места	Слесарь-сборщик	Щётка металлическая, машинка зачистная
4. Подгорев	Термист	Электродпечь
5. Наплавка	Электросварщик на автоматических и полуавтоматических машинах	Полуавтомат сварочный, вращатель
6. Механическая обработка	Токарь-фрезеровщик	Токарный станок 1К62Ф3С
7. Проведение контроля качества» [24]	Инженер - дефектоскопист	Лупа х4, линейка, твердомер, штангенциркуль, набор ДМК-4

Таким образом, возникающие негативные факторы должны быть идентифицированы и устранены. При этом следует учитывать не только опасное воздействие на персонал негативных факторов, но и их кумулятивный эффект при длительном воздействии.

Представленные в таблице 3 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

Применяемое для выполнения проектного технологического процесса оборудование становится источником негативных производственных факторов, которые могут привести как к резкому отрицательному улучшению состояния персонала, так и нарушению здоровья вследствие кумулятивного эффекта. Такими источниками вредных и опасных производственных факторов являются: моющий аппарат «Посейдон», печь для прокалики, пневматическая зачистная машинка, компрессор, сварочный полуавтомат, источник питания, вращатель, газовая аппаратура, токарный станок, набор визуально-измерительного и проникающего контроля. В таблице 4 представлены результаты идентификации возникающих профессиональных рисков. В данном случае источниками возникновения производственных рисков становится технологическое оборудование, размещённое на участке сварки.

В ходе оценки 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,
- ультрафиолетовое излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений.

Таблица 4 – Выявление и анализ источников возникновения производственных рисков

Наименование технологической операции	Формулировка вредного или опасного фактора, который возникает в процессе выполнения данной операции технологического процесса
1. Подготовительная	<ul style="list-style-type: none"> - наличие на внешних поверхностях применяемого оборудования, приспособлений и инструмента острых кромок, заусенцев; - перемещающиеся в процессе выполнения подготовительной операции детали и узлы применяемого оборудования, приспособлений; - опасность замыкания на тело рабочего высокого напряжения, питающего производственное оборудование
2 Дефектация	<ul style="list-style-type: none"> - повышенный уровень ультразвуковых волн в рабочей зоне; - наличие на внешних поверхностях применяемого оборудования, приспособлений и инструмента острых кромок, заусенцев;
3. Подготовка дефектного места	<ul style="list-style-type: none"> - наличие на внешних поверхностях применяемого оборудования, приспособлений и инструмента острых кромок, заусенцев;
4. Подгорев	<ul style="list-style-type: none"> - перемещающиеся в процессе выполнения подготовительной операции детали и узлы применяемого оборудования, приспособлений; - опасность замыкания на тело рабочего высокого напряжения, питающего производственное оборудование; - повышенная запылённость и загазованность воздуха рабочей зоны; - нагрев внешних поверхностей применяемого на операции оборудования, приспособлений, инструмента, деталей до высоких температур
5. Наплавка	<ul style="list-style-type: none"> - наличие на внешних поверхностях применяемого оборудования, приспособлений и инструмента острых кромок, заусенцев; - перемещающиеся в процессе выполнения подготовительной операции детали и узлы применяемого оборудования, приспособлений; - опасность замыкания на тело рабочего высокого напряжения, питающего производственное оборудование; - повышенная запылённость и загазованность воздуха рабочей зоны; - нагрев внешних поверхностей применяемого на операции оборудования, приспособлений, инструмента, деталей до высоких температур
6. Механическая обработка	<ul style="list-style-type: none"> - наличие на внешних поверхностях применяемого оборудования, приспособлений и инструмента острых кромок, заусенцев;
7. Проведение контроля качества восстановленных гидрокоробок	<ul style="list-style-type: none"> - перемещающиеся в процессе выполнения подготовительной операции детали и узлы применяемого оборудования, приспособлений; - опасность замыкания на тело рабочего высокого напряжения, питающего производственное оборудование

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

Решения по обеспечению безопасности производственного процесса представлены в таблице 5. Для обеспечения защиты персонала от возникающих негативных производственных факторов не требует разработки специальных методик и технических средств.

Таблица 5 – Предлагаемые методики и технические средства для обеспечения производственной безопасности

Формулировка вредного или опасного фактора	Перечень организационных мероприятий и технических средств, обеспечивающих устранение вредного производственного фактора
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
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
3) повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны	устройства местного удаления загрязненного воздуха и общеобменной вентиляции
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
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
6) инфракрасное излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений уровня инфракрасной радиации	1) ограничение проникновения персонала в опасную зону применением ограждений 2) защитные экраны
7) ультрафиолетовое излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений	1) ограничение проникновения персонала в опасную зону применением ограждений 2) защитные экраны

Для индивидуальной защиты жизни и здоровья рабочих предлагается оснастить их средствами индивидуальной защиты. В качестве средств индивидуальной защиты используются: специальная одежда, перчатки, защитные очки, маски, резиновые коврики и средства защиты органов дыхания. Представленные в таблице 5 технические средства и мероприятия позволяют устранить негативные производственные факторы и обеспечить требуемую безопасность персонала.

3.4 Пожарная безопасность рассматриваемого технологического объекта

В процессе осуществления проектного технологического процесса кроме возникновения негативных производственных факторов существует опасность возникновения пожара. При этом необходимо принимать во внимание, 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 6.

Таблица 6 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

Наименование участка	Участок, на котором осуществляется сварка и наплавка
Наименование оборудования	Моечная машина, воздушный компрессор, наплавочная установка.
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.

Кроме этого, возникновение пожара может повлечь за собой нарушение целостности несущих конструкций производственного здания, из-за чего здание может получить отрицательную устойчивость.

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 7 приведены технические средства по устранению этих факторов.

Таблица 7 – 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

Предложенные в настоящем разделе технические средства и мероприятия позволяют максимально снизить риск возникновения пожара и своевременно устранить негативные факторы при его возникновении.

3.5 Вопросы обеспечения экологической безопасности

При выполнении операций проектного технологического процесса возникает негативное антропогенное действие 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. В таблице 8 приведены негативные воздействия на окружающую среду, которые возникают при выполнении операций проектного технологического процесса.

Особое внимание следует уделить организации селективного сбора мусора, который в значительных количествах накапливается на производственных участках. Раздельный сбор отходов позволяет выполнять эффективный рециклинг, что не только уменьшает нагрузку на окружающую среду, но и позволяет получать значительный экономический эффект за счёт экономии ресурсов.

Таблица 8 – Идентификация негативных экологических факторов

Операция	атмосфера	гидросфера	литосфера
1. Подготовительная	вредные испарения	Химикаты	отходы шлака, частицы упаковки, бытовой мусор
2 Дефектация	вредные испарения	Масло	отходы шлака, частицы упаковки, бытовой мусор
3. Подготовка дефектного места	вредные испарения	Масло	отходы шлака, частицы упаковки, бытовой мусор
4. Подгорев	вредные испарения	Масло	отходы шлака, частицы упаковки, бытовой мусор
5. Наплавка	вредные испарения	Масло	отходы шлака, частицы упаковки, бытовой мусор
6. Механическая обработка	вредные испарения	Масло	отходы шлака, частицы упаковки, бытовой мусор
7. Проведение контроля качества восстановленных гидрокоробок	вредные испарения	Масло, химикаты	отходы шлака, частицы упаковки, бытовой мусор

Предлагаемые средства для защиты от антропогенного воздействия представлены в таблице 9 и включают в себя набор стандартных методик и технических средств.

Таблица 9 – 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	«Применение специальных фильтров, устанавливаемых в вентиляционную систему цеха, которые позволяют собирать и утилизировать выделяющиеся при работе технологического оборудования вредные вещества» [2]
Гидросфера	«Контролировать утечки машинного масла из гидравлической системы технологического оборудования, в случае возникновения таких утечек их следует незамедлительно устранять» [2]
Литосфера	«На производственном участке необходимо выполнить установку ёмкостей, которые позволяют провести селективный сбор получаемых при выполнении технологического процесса отходов. Проведение инструктажа персонала о необходимости соблюдения мер по сбору мусора» [2]

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

Выполнение операций проектного технологического процесса, который был представлен в исполнительском разделе настоящей выпускной квалификационной работы, приводит к возникновению негативных производственных факторов и негативных экологических факторов.

Выполненная идентификация этих негативных факторов позволила предложить стандартные методики и технические средства для защиты персонала и окружающей среды.

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 сварочных и наплавочных операций при ремонте деталей машин. В качестве конкретной детали в работе рассматривается гидравлическая коробка бурового насоса. На основании анализа известных решений для построения проектной технологии предложено использовать механизированную сварку проволокой сплошного сечения в среде защитных газов.

Проектная технология условно может быть разделена на семь этапов. Первой операцией является подготовительная, для выполнения которой применяется моющий аппарат «Посейдон» и печь для прокалики. Второй операцией является дефектация, для выполнения которой применяется комплект измерительного оборудования. Третьей операцией является подготовка дефектного места, для выполнения которой применяется пневматическая зачистная машинка и компрессор. Четвёртой операцией является предварительный подогрев, для выполнения которой применяется электрическая печь. Пятой операцией является ремонтная наплавка, для выполнения которой применяется сварочный полуавтомат, источник питания, вращатель, газовая аппаратура. Шестой операцией является механическая обработка, для выполнения которой применяется токарный станок. Седьмой операцией является контроль качества, для выполнения которого применяется набор визуально-измерительного контроля и набор для проведения контроля проницающими веществами.

В таблице 10 представлены исходные данные для проведения экономических расчётов по рассматриваемым вариантам технологии сборки

и сварки с учётом рыночной стоимости используемого оборудования и вспомогательных затрат.

Таблица 10 – 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	$C_ч$	Р/час	250	250
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	$C_{об}$	руб.	240 тыс.	560 тыс.
Норма амортизации оборудования	K_a	%	21,5	21,5
Мощность оборудования	$M_{уст}$	кВт	25	40
Коэффициент транспортно-заготовительных расходов	$K_{т-з}$	%	5	5
Стоимость электрической энергии	$C_{э-э}$	Р/ кВт	3,4	3,4
Коэффициент полезного действия	$K_{пд}$	-	0,7	0,85
Коэффициент затрат на монтаж и демонтаж оборудования	$K_{мон}$ $K_{дем}$	%	3	5
Площадь под оборудование	S	m^2	80	80
Стоимость эксплуатации площадей	$C_{эксп}$	(Р/ m^2)/год	2000	2000
Цена производственных площадей	$C_{пл}$	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» [19]	$K_{зав}$	-	1,15	1,15

Так как проектная технология предусматривает применение прогрессивных технологий, приходится считаться с дополнительными финансовыми и трудовыми затратами. При этом необходимо выполнить экономическое обоснование предлагаемых решений, от реализации которых в производстве экономический эффект должен быть положительным. Следует рассчитать капитальные затраты по базовому и проектному вариантам технологии, себестоимость изготовления продукции и на основании этого оценить целесообразность внедрения предлагаемых решений с использованием показателей экономической эффективности.

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 проектном 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 $K_{см}=2$ рассчитываем годовой фонд времени:

$$F_H = (D_p \cdot T_{cm} - D_n \cdot T_n) \cdot K_{cm} . \quad (1)$$

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: $t_{шт.баз} = 1,4 \cdot (100\% + 10\% + 5\% + 5\% + 1\%) = 1,7$ часа и $t_{шт.проектн.} = 0,8 \cdot (100\% + 10\% + 5\% + 5\% + 1\%) = 1$ час.

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

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $\Pi_{\Gamma \cdot \text{баз.}} = 2054/1,7 = 1208$ детали для базового технологического процесса и $\Pi_{\Gamma \cdot \text{пр.}} = 2054/1 = 2054$ детали для проектного технологического процесса. На основании анализа потребности отрасли в рассматриваемом оборудовании принимаем размер годовой программы для проектного варианта технологии и базового варианта технологии $\Pi_{\Gamma} = 1000$ 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: $n_{\text{расч}} = 1,7 \cdot 1000 / (2054 \cdot 1,03) = 0,8$ для базового варианта технологического процесса; $n_{\text{расч}} = 1 \cdot 1000 / (2054 \cdot 1,03) = 0,5$ 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: $K_3 = 0,8/1 = 0,8$ для базового варианта технологического процесса и $K_3 = 0,5/1 = 0,5$ для проектного варианта технологического процесса.

Значение величины коэффициента загрузки оборудования K_3 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 количество коэффициента 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 Π_M и нормы расходов материалов N_p по формуле:

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $M = 270 \cdot 1,5 \cdot 1,05 = 425$ рублей для операций базового технологического процесса; для операций проектного технологического процесса: $M = 410 \cdot 0,8 \cdot 1,05 + 90 \cdot 0,7 \cdot 1,05 = 410$ 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: $Z_{осн} = 1,7 \cdot 250 \cdot 1,88 = 800$ рублей для базового варианта технологического процесса и $Z_{осн} = 1 \cdot 250 \cdot 1,88 = 470$ 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: $Z_{доп} = 800 \cdot 12 / 100 = 96$ рублей для операций базового технологического процесса и $Z_{доп} = 470 \cdot 12 / 100 = 56$ рублей для операций проектного технологического процесса.

Величина фонда заработной платы ФЗП рассчитывается как сумма основной заработной платы $Z_{осн}$ и дополнительной заработной платы $Z_{доп}$. Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $ФЗП = 800 + 96 = 896$ рублей для операций базового технологического процесса и $ФЗП = 470 + 56 = 526$ рублей для операций проектного технологического процесса.

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

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $O_{сн} = 896 \cdot 34 / 100 = 305$ рублей для операций базового

технологического процесса и $O_{\text{сн}} = 526 \cdot 34 / 100 = 180$ 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 $P_{\text{э}}$:

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

При вычислении амортизационных отчислений $A_{\text{об}}$ следует учитывать норму амортизации N_a , которая для рассматриваемой выпускной квалификационной работы составляет $N_a = 21,5$ %. 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 $\Pi_{\text{об}}$.

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $A_{\text{об}} = 240000 \cdot 21,5 \cdot 1,7 / 2054 / 100 = 42$ рублей по базовому варианту технологии, по проектному варианту технологии: $A_{\text{об}} = 560000 \cdot 21,5 \cdot 1 / 2054 / 100 = 59$ рублей.

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

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $P_{\text{э}} = 25 \cdot 1,7 \cdot 3,4 / 0,7 = 206$ рублей для базового варианта технологического процесса, $P_{\text{э}} = 40 \cdot 1 \cdot 3,4 / 0,85 = 160$ рублей для проектного технологического процесса.

После подстановки рассчитанных выше значений в формулу (11) вычисляем затраты на оборудование: $Z_{\text{об}} = 42 + 206 = 248$ рублей по базовому

технологическому процессу и $Z_{об} = 59 + 160 = 219$ 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 $Z_{об}$:

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $C_{тех} = 425 + 896 + 305 + 248 + 157 = 2004$ рублей для базового варианта технологического процесса, и для проектного технологического процесса $C_{тех} = 410 + 326 + 180 + 219 + 130 = 1265$ рублей.

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

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $C_{цех} = 2004 + 1,5 \cdot 800 = 2004 + 1200 = 3204$ рублей для базового технологического процесса и для проектного технологического процесса $C_{цех} = 1265 + 1,5 \cdot 470 = 1265 + 705 = 1970$ рублей.

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

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $C_{зав} = 3204 + 1,15 \cdot 800 = 3204 + 920 = 4124$ рублей для базового варианта технологии, и для проектного технологического процесса $C_{зав} = 1970 + 1,15 \cdot 470 = 1970 + 540 = 2510$ рублей.

В таблице 11 представлена калькуляция заводской стоимости.

Таблица 11 – Исходные данные и расчёт заводской стоимости

Показатель	Условное обозначение	Базовый вариант	Проектный вариант
1. «Затраты на материалы	М	425	410
2. Фонд заработной платы	ФЗП	869	326
3. Отчисления на соц. нужды	ОСН	305	180
4. Затраты на оборудование	Зоб	248	219
5. Затраты на площади	Зпл	157	130
6. Технологическая себестоимость	Стех	2004	1265
7. Цеховые расходы	Рцех	1200	705
8. Цеховая себестоимость	Сцех	3204	1970
9. Заводские расходы	Рзав	920	540
10. Заводская себестоимость» [19]	Сзав	4124	2510

Данные, представленные в таблице 11, позволяют судить о высокой эффективности проектной технологии, которая позволяет уменьшить заводскую себестоимость относительно базовой технологии.

Дальнейшие работы направлены на определение величины капитальных вложений при реализации проектной технологии и реализации базовой технологии.

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 $C_{\text{об. б.}}$.

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

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $C_{\text{об. б.}} = 240000 - (240000 \cdot 2 \cdot 21,5 / 100) = 136800$ рублей.

Капитальные затраты по базовой технологии могут быть рассчитаны как:

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $K_{\text{общ. б.}} = 1 \cdot 136800 \cdot 0,8 = 109440$ 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 $K_{\text{тз}}=1,05$, цены оборудования $C_{\text{об}}$ и коэффициента загрузки оборудования $K_{\text{зп}}$:

$$K_{\text{об. пр.}} = C_{\text{об. пр.}} \cdot K_{\text{тз}} \cdot K_{\text{зп}} \quad (20)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $K_{\text{об. пр.}} = 560000 \cdot 1,05 \cdot 0,5 = 294000$ рублей.

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

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

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $P_{\text{дем}} = 240000 \cdot 0,05 = 12000$ рублей.

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

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $P_{\text{монт}} = 550000 \cdot 0,05 = 28000$ рублей.

Величина сопутствующих расходов определяется как

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $P_{\text{соп}} = 12000 + 28000 = 40000$ рублей.

Далее с использованием подставленных в формулу (19) значений получили общие капитальные затраты $K_{\text{общ. пр.}} = 294000 + 40000 = 334000$ 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 $K_{\text{доп}} = 334000 - 109440 = 224560$ рублей.

Величину удельных капитальных вложений определяем с учётом годовой программы $\Pi_{\text{г}}$:

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $K_{\text{уд}} = 109440/1000 = 109$ рублей за единицу продукции по базовой технологии и $K_{\text{уд}} = 334000/1000 = 334$ рублей за единицу продукции по проектной технологии.

На основании ранее проведённых экономических расчётов предстоит оценить целесообразность внедрения предлагаемых в настоящей выпускной квалификационной работе решений.

4.6 Показатели экономической эффективности

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

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

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $\Delta t_{шт} = (1,7-1) \cdot 100 \% / 1,7 = 70 \%$.

Повышение производительности Π_T рассчитывается как

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $\Pi_T = 100 \cdot 70 / (100 - 70) = 230 \%$.

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

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $\Delta C_{тех} = (2004 - 1265) \cdot 100\% / 2004 = 37 \%$.

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

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $\Pi_{ож} = (4124 - 2510) \cdot 1000 = 1614000$ рублей.

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

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $T_{ок} = 224560 / 1614000 = 0,2$ года.

Величина годового экономического эффекта $\mathcal{E}_Г$ рассчитывается как

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $\text{Эг} = 1614000 - 0,33 \cdot 224560 = 1,54$ млн. рублей.

Таким образом, с учётом особенностей выполнения операций технологического процесса по проектному варианту и базовому варианту был выполнен расчёт основных экономических показателей производства.

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 количество коэффициента загрузки оборудования.

Применение предлагаемых в настоящей выпускной квалификационной работе технических решений и организационных мероприятий предусматривает применение прогрессивного по сравнению с базовым вариантом технологии оборудования. В результате затраты на эксплуатацию оборудования при реализации проектной технологии оказываются выше, чем затраты на эксплуатацию оборудования при реализации базовой технологии.

Значительное повышение производительности труда достигается не только за счёт применения прогрессивного оборудования, но и за счёт повышения стабильности качества выпускаемой продукции. Это позволяет уменьшить трудовые и финансовые затраты на обнаружение и исправление брака.

Производительность труда повышается на 230 %. Уменьшение технологической себестоимости составило 37 %. При этом за счёт повышения производительности труда и снижения издержек удалось получить годовой экономический эффект в размере 1,54 млн. рублей. Средства, затраченные на внедрение предлагаемых в настоящей выпускной квалификационной работе решений, будут окуплены за 0,2 года.

Заключение

Настоящая выпускная квалификационная работа посвящена решению вопроса повышения эффективности сварочных и наплавочных операций при ремонте деталей машин.

В качестве конкретной детали в работе рассматривается гидравлическая коробка бурового насоса. На основании анализа известных решений для построения проектной технологии предложено использовать механизированную сварку проволокой сплошного сечения в среде защитных газов.

Проектная технология условно может быть разделена на семь этапов. Первой операцией является подготовительная, для выполнения которой применяется моющий аппарат «Посейдон» и печь для проковки. Второй операцией является дефектация, для выполнения которой применяется комплект измерительного оборудования. Третьей операцией является подготовка дефектного места, для выполнения которой применяется пневматическая зачистная машинка и компрессор. Четвёртой операцией является предварительный подогрев, для выполнения которой применяется электрическая печь. Пятой операцией является ремонтная наплавка, для выполнения которой применяется сварочный полуавтомат, источник питания, вращатель, газовая аппаратура. Шестой операцией является механическая обработка, для выполнения которой применяется токарный станок. Седьмой операцией является контроль качества, для выполнения которого применяется набор визуально-измерительного контроля и набор для проведения контроля проницающими веществами.

Производительность труда повышается на 230 %. Уменьшение технологической себестоимости составило 37 %. При этом за счёт повышения производительности труда и снижения издержек удалось получить годовой экономический эффект в размере 1,54 млн. рублей. Средства, затраченные на внедрение предлагаемых в настоящей выпускной

квалификационной работе решений, будут окуплены за 0,2 года.

Выполнение операций проектного технологического процесса, который был представлен в исполнительском разделе настоящей выпускной квалификационной работы, приводит к возникновению негативных производственных факторов и негативных экологических факторов. Выполненная идентификация этих негативных факторов позволила предложить стандартные методики и технические средства для защиты персонала и окружающей среды.

Применение предлагаемых в настоящей выпускной квалификационной работе технических решений и организационных мероприятий предусматривает применение прогрессивного по сравнению с базовым вариантом технологии оборудования. Значительное повышение производительности труда достигается не только за счёт применения прогрессивного оборудования, но и за счёт повышения стабильности качества выпускаемой продукции. Это позволяет уменьшить трудовые и финансовые затраты на обнаружение и исправление брака. На основании этого можно заключить, что в работе удалось достигнуть одновременного повышения производительности и качества наплавочных работ.

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

Результаты настоящей выпускной квалификационной работы рекомендуются к внедрению на предприятиях, которые выполняют работы по восстановлению деталей машин с применением наплавки.

Также следует принимать во внимание, что предлагаемые в настоящей выпускной квалификационной работе технические решения и организационные мероприятия позволяют судить о высокой эффективности замены ручных способов сварки и наплавки на механизированные способы.

Список используемой литературы и используемых источников

1. 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.
2. Белов С. В. Охрана окружающей среды. М. : Машиностроение, 1990. 372с.
3. 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.
4. Брыков М. Н., Еыременко В. Г., Ефременок А. В. Износостойкость сталей и чугунов при абразивном изнашивании : научное издание. Херсон : «Гринь Д.С.», 2014. 364 с.
5. Васильев Н. Г., Галиев И. И., Васильева Т. Н. Выбор способа восстановления изношенных деталей // Сварочное производство. 1996. № 7. С. 13–15.
6. Верёвкин А.А. Повышение эффективности сварки в CO_2 неповоротных стыков магистральных трубопроводов за счет применения импульсного питания сварочной дуги : диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук. Барнаул : Томский политехнический университет. 2010.
7. Гладкий П. В., Переплётчиков Е. Ф., Рябцев И. А. Плазменная наплавка. Киев : Екотехнологія, 2007. 202 с.
8. Горина Л. Н. Обеспечение безопасных условий труда на производстве: учебное пособие. Тольятти : ТолПИ, 2000. 68 с.

9. Жудра А. П., Ворончук А. П. Наплавочные порошковые ленты (Обзор) // Автоматическая сварка. 2012. №1. С. 39–44.
10. Иванов В. П. Выбор способа восстановления деталей // Наука и техника. 2016. № 1. С. 9–17.
11. Кабацкий В. И., Кабацкий А. В. Влияние характера модифицирования на свойства высокопрочных низколегированных сварных швов // Вісник Донбаської державної машинобудівної академії. 2008. № 14. С. 66–71.
12. Кабацкий В. И., Кабацкий А. В. Исследование особенностей образования холодных трещин в сварных соединениях закаливаемых сталей // ВІСНИК Донбаської державної машинобудівної академії. 2011. № 1. С. 91–95.
13. Кабацкий А. В. Низколегированные электродные материалы для сварки закаливаемых сталей // Вестник ПГТУ. Мариуполь, 1998. Вып. 6. – С. 260–264.
14. Калинин Ю. А., Брыков М. Н. Обеспечение качественной сварки износостойких сталей // ВІСНИК Донбаської державної машинобудівної академії. 2016. № 2. С. 138–141.
15. Климов А. С. Выпускная квалификационная работа бакалавра: учебно-метод. пособие по выполнению выпускной квалификационной работы бакалавра. Тольятти : ТГУ, 2021. 62 с.
16. Крампит А. Г., Крампит Н. Ю., Габитов Э. К. Модернизация сварочного оборудования – как решение приоритетной задачи по импортозамещению // Технологии и материалы. 2016. № 4. С. 18–23.
17. Крампит А. Г. Разработка и исследование процесса сварки в CO₂ в щелевую разделку при импульсном питании : диссертация на соискание учёной степени доктора технических наук, Юрга: Томский политехнический университет. 2003.

18. Крампит А. Г., Зерин Е. А., Крампит М. А. Современные способы импульсно-дуговой MIG/MAG сварки // Технологии и материалы. 2015. № 7. С. 4–10.
19. Краснопевцева И. В. Экономическая часть дипломного проекта : метод. указания. Тольятти : ТГУ, 2008. 38 с.
20. Кудинов В. В., Иванов В. М. Нанесение плазмой тугоплавких покрытий. М. : Машиностроение. 1981. 192 с.
21. Кудинова Г. Э. Организация производства и менеджмент : метод. указания к выполнению курсовой работы. Тольятти : ТГУ, 2005. 35 с.
22. Кузнецов В. Д., Пащенко В. Н., Маковой В. А. Износостойкость углеродистых и аустенитных композиций при трении металла по металлу // ВІСНИК Донбаської державної машинобудівної академії. 2010. № 2. С. 147–151.
23. Лебедев В. А., Лендел И. В., Яровицын А. В. Особенности формирования структуры сварных соединений при дуговой наплавке с импульсной подачей электродной проволоки // Автоматическая сварка. 2016. № 3. С. 25–30.
24. Новиков В. С., Очковский Н. А., Тельнов Н. Ф. Проектирование технологических процессов восстановления изношенных деталей : методические рекомендации к курсовому и дипломному проектированию. М. : МГАУ, 1998. 52 с.
25. Посыпайко И. Ю., Соценко О. В. Анализ путей повышения износостойкости сменных деталей промышленных смесителей // ВІСНИК Донбаської державної машинобудівної академії. 2010. № 3. С. 222–226.
26. Рябцев И. А., Кусокв Ю. М., Кондратьев И. А. Материалы и энергосберегающие технологии наплавки для восстановления и изготовления деталей машин и механизмов // Автоматическая сварка. 2007. № 3. С. 21–26.
27. Сидоров А. И. Восстановление деталей машины напылением и наплавкой. М. : Машиностроение, 1987. 192 с.

28. Чигарев В. В., Белик А. Г. Порошковые ленты для наплавки // Сварочное производство. 2011. № 8. С. 38–44.

29. Чигарев В. В. Производство и применение порошковых лент для наплавки износостойких сплавов // Автоматическая сварка. 1994. №2. С. 51–52.

30. Kaplun V., Kalpun P., Bodnar R. Enhancement of steels wear resistance in corrosive and abrasive medium // Interdisciplinary Integration of Science in Technology, Education and Economy : monograph /ed. by J. Shalapko, B. Zoltowski. Bydgoszcz, 2013. P. 320–329.

31. Koval A. D., Efremenko V. G., Brykov M. N. Principles for developing grinding media with increased wear resistance. Part 1. Abrasive Wear Resistance of iron-based alloys // Journal of friction and wear. 2012. №1. P. 39–46.

32. Malinov L. S., Malinov V. L., Burova D. V. Increasing the abrasive wear resistance of low-alloy steel by obtaining residual metastable austenite in the structure // Journal of Friction and Wear. 2015. № 3. P. 237–240.