

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

Институт машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра «Сварка, обработка материалов давлением и родственные процессы»

(наименование кафедры)

05.03.01 «Машиностроение»

(код и наименование направления подготовки, специальности)

«Оборудование и технология сварочного производства»

(направленность (профиль)/специализация)

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему «Технологический процесс и оборудование для восстановления
корпуса бурового насоса»

Студент

А.А. Ситников

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

К.В. Моторин

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Консультанты

В.Г. Виткалов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

И.В. Краснопевцева

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

А.Н. Москалюк

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Допустить к защите

Заведующий кафедрой д.т.н., профессор, В.В. Ельцов

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

(личная подпись)

« » 20 г.

АННОТАЦИЯ

Наплавка является одним из наиболее эффективных и экономически выгодных способов восстановления изношенных деталей или придания особых свойств новым деталям. Нанесение на их повреждаемые поверхности слоев металла специального легирования обеспечивает высокую стойкость к различным видам изнашивания. При наплавке нередко соединяют разнородные материалы, один из которых, как правило, удовлетворительно или плохо сваривается и имеет пониженную трещиностойкость.

Цель выпускной квалификационной работы – повышение эффективности восстановительной наплавки на примере корпуса бурового насоса.

В работе решены следующие задачи: 1) Произвести анализ и выбор оптимального способа наплавки изделия; 2) Составить техпроцесс наплавки; 3) Рассмотреть необходимые мероприятия для обеспечения производственной безопасности персонала; 4) Составить экономическое обоснование предложенных технических решений.

Были предложены технологические мероприятия по повышению производительности и качества восстановительной наплавки корпуса бурового насоса. Применение предложенных технологических решений позволит получить снижение трудоемкости сварки и повышение стабильности качества проводимых наплавочных работ.

Произведена оценка экономической эффективности проектной технологии. Величина годового экономического эффекта составила 2,46 млн рублей.

Пояснительная записка состоит из 55 страниц, графическая часть включает в себя 6 листов формата А1.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1 СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ РЕМОНТНОЙ СВАРКИ ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ КОРПУСОВ БУРОВЫХ НАСОСОВ	
1.1 Описание изделия, требующего наплавки	7
1.2 Сведения о материале изделия	9
1.3 Недостатки базовой технологии ремонта	10
1.4 Анализ научно-технической информации по вопросу восстановительной наплавки	11
1.5 Постановка задач на проектирование	13
2 ПРОЕКТНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ КОРПУСА БУРОВОГО НАСОСА И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ЕЁ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ	
2.1 Анализ способов восстановительной наплавки изделия	
2.1.1 Методы электродуговой наплавки	14
2.1.2 Наплавка лазером	16
2.1.3 Газопламенное напыление	17
2.1.4 Плазменная наплавка	18
2.2 Выбор материала для наплавки	20
2.3 Устройство для плазменной наплавки	22
2.4 Устройство питания плазматрона	23
2.5 Описание операций технологии	26
3 ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОСТИ И ЭКОЛОГИЧНОСТИ РАЗРАБАТЫВАЕМОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА	
3.1 Технологическая характеристика объекта	28
3.2 Персональные риски, сопровождающие внедрение проектной технологии в производство	30
3.3 Предлагаемые мероприятия по снижению профессиональных рисков в ходе внедрения в производство проектной технологии	32

3.4 Предлагаемые мероприятия по обеспечению пожарной безопасности разрабатываемого технологического объекта	33
3.5 Оценка экологической безопасности разрабатываемого технологического объекта	34
3.6 Заключение по экологическому разделу	35
4 ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЕКТНОЙ ТЕХНОЛОГИИ	
4.1 Исходные данные для проведения экономического расчёта	36
4.2 Вычисление фонда времени работы оборудования	38
4.3 Расчёт времени, затрачиваемого для выполнения годовой программы, и коэффициента, учитывающего загрузку оборудования	39
4.4 Расчет заводской себестоимости базового и проектного вариантов технологии	41
4.5 Калькуляция заводской себестоимости сварки по базовому и проектному варианту технологии	45
4.6 Определение капитальных затрат по базовому и проектному вариантам технологии сварки	46
4.7 Расчёт показателей экономической эффективности проектного варианта технологии	48
4.8 Выводы по экономическому разделу	49
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	51
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ	53

ВВЕДЕНИЕ

Наплавка является одним из наиболее эффективных и экономически выгодных способов восстановления изношенных деталей или придания особых свойств новым деталям. Нанесение на их повреждаемые поверхности слоев металла специального легирования обеспечивает высокую стойкость к различным видам изнашивания. При наплавке нередко соединяют разнородные материалы, один из которых, как правило, удовлетворительно или плохо сваривается и имеет пониженную трещиностойкость. Для борьбы с трещинами применяют наплавку подслоя из пластичных сталей, а также предварительный и сопутствующий подогрев, при этом после наплавки необходимо обеспечить замедленное охлаждение детали. Указанные меры требуют дополнительных материальных и энергетических затрат, кроме того, рост цен на энергоносители снижает эффективность применения наплавки.

В настоящее время для наплавки деталей различного назначения разработаны более дешевые сплавы на основе железа. Однако, как указывалось выше, на многих предприятиях стран СНГ для этой цели до сих пор применяют ручную электродуговую наплавку штучными электродами или механизированную электродуговую наплавку порошковыми проволоками. Электродуговую наплавку деталей выполняют, как правило, в несколько слоёв, что ведет к перерасходу наплавочных материалов и увеличению продолжительности процесса наплавки.

Сегодня на предприятиях, занятых при добыче нефти и газа, используется большое число оборудования, которое давно отработало нормативные сроки заявленной эксплуатации, поэтому для данного оборудования появляется необходимость обсуждения необходимости дальнейшей безопасной его работы.

В этой связи актуальной является работа по восстановлению элементов оборудования.

К наиболее значимым элементам оборудования, который подвержен постоянному износу и требует периодического восстановления, можно отнести корпус центробежного насоса. При его работе возникает постоянный износ и появляется необходимость выполнить наплавку. Наплавку выполняют методом ручной дуговой сварки с применением штучных электродов. Действующие методы наплавки дают возможность получения значительного экономического эффекта как в производственной сфере (при снижении трудоёмкости и стоимости операции), так и в эксплуатации (при повышении ресурса работы наплавленной детали).

Цель выпускной квалификационной работы – повышение эффективности восстановительной наплавки на примере корпуса бурового насоса.

1 СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ РЕМОНТНОЙ СВАРКИ ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ КОРПУСОВ БУРОВЫХ НАСОСОВ

1.1 Описание изделия, требующего наплавки

Многоступенчатые центробежные насосы при работе могут развивать большой напор при малых подачах. Такие насосы бывают как секционного, так и спирального типов. В насосах секционного типа течение рабочей жидкости происходит последовательно из первого колеса во второе через направляющие аппараты, которые имеются в каждой из секций насоса. Корпуса таких насосов включают отдельные секции и две крышки, соединяемые при помощи стяжных элементов.

Давление по оси в таком многоступенчатом секционном насосе воспринимается гидравлической пятой.

Отрасли возможного применения секционных насосов:

- нефтедобыча;
- нефтепереработка;
- нефтехимия.

Основные технические характеристики насоса:

- Тип – ЦНС 500-640;
- Количество ступеней – 8;
- Масса, кг, не более – 300;
- Тип двигателя – ВАОУ 630М-4;
- Мощность, кВт – 1600;
- Масса агрегата, кг, не более – 438;
- Подача, м³/с, – 500;
- Напор, м – 640;
- Температура перекачиваемой жидкости, °С – 8...38;
- Частота вращения электродвигателя синхронная, об/мин – 3000;
- Мощность, потребляемая, кВт, не более – 10,3.

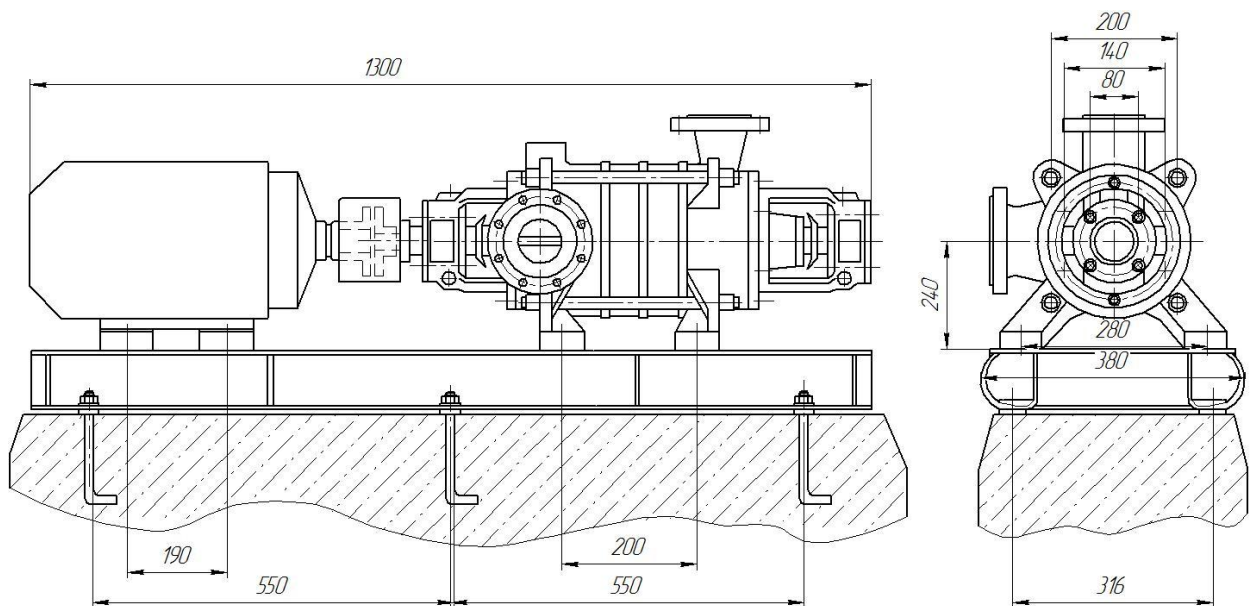


Рисунок 1.1 – Центробежный насос ЦНС 500-640

При постоянной работе оборудования для добычи и переработки нефти и газа периодически разрушаются элементы корпуса ввиду воздействия высокой температуры и силовых нагрузок, постоянной коррозии и иных воздействующих факторов. Большая часть элементов корпуса такого оборудования восстанавливается за счет операций сварки.

Одним из частых дефектов оборудования является выход из строя гидравлической части насосов. Сюда можно отнести трещины, промоины износы посадочных мест под седла клапанов, износ и промоины мест установки уплотнений (рис. 1.2), что в свою очередь ведет к потере давления, утечкам.



Рисунок 1.2 – Места промоин на корпусе насоса

1.2 Сведения о материале изделия

При производстве корпусов для машин и агрегатов (насосов, компрессоров, гидравлических коробок и т.д.), которые применяются при добыче и транспортировке нефти и газа, часто используются низколегированные литейные стали феррито-перлитного класса, в том числе марка 20ХГСФЛ.

Таблица 1.1 – Химический состав стали 20ХГСФЛ

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	V
0,14...0,21	0,5...0,8	0,9...1,3	до 0,4	до 0,03	до 0,035	0,3...0,6	0,07...0,13

1.3 Недостатки базовой технологии ремонта

В настоящее время при восстановлении корпусов машин, различных агрегатов, а также гидравлических коробок, изготовленных из стали 20ХГСФЛ применяется обычная технология, используемая при ремонте, а именно ручная дуговая сварка с применением электродов типа Э50А, Э60 марок УОНИ 13/55, УОНИ 13/65 и дополнительным локальным нагреванием участка с дефектом. По практике применения, эта технология восстановления участка с дефектом малопродуктивна, имеет сложности с процессом термической обработки, и поэтому часто возникают трещины непосредственно в сварном шве, и в околошовной зоне. После восстановления корпуса все сварные швы в короткий период времени выходят из строя. Через некоторое время после ремонта образуются трещины вдоль зоны сплавления с основным металлом (рис. 1.3).



Рисунок 1.3 - Трещина вдоль зоны расплава корпуса насоса после ремонта

Период работы наплавленных участков посадочного места клапана, подверженного значительной эрозии, равен примерно 300...400 часов. Зачастую, оборудование для насосов после восстановления с применением действующих стандартных сварочных технологий не соответствует указанным техническим характеристикам.

В ходе анализа работоспособности насосного оборудования до и после восстановления, предположительно, одной из главных причин ранних разрушений конструкций из стали 20ХГСФЛ после восстановления является высокое количество остаточных напряжений после сварки в металле сварного шва, изменение фазового состава и малая эффективность существующих технологий релаксации напряжений с применением термической обработки. Использование операций нагрева перед операцией сварки будет способствовать увеличению зоны перегрева в околошовных зонах и это приведет к увеличению хрупкости основного металла. Этот фактор может привести к хрупкому разрушению металла вдоль зоны термического влияния (рис. 1.3).

1.4 Анализ научно-технической информации по вопросу восстановительной наплавки

В **первой работе** [1] проведено исследование свойств покрытий, сформированных методом лазерной наплавки, а также их сопоставление с характеристиками, полученными при восстановлении уплотнительных поверхностей традиционными методами. Доказана эффективность применения лазерной наплавки для восстановления деталей машин.

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

Во **второй работе** [2] рассматриваются результаты исследований при влиянии различных параметров импульсной подачи электродной проволоки для операции электродуговой наплавки в CO_2 на условие формирования валика наплавленного металла, износостойкость и потери электродного металла. Проведен сравнительный анализ результатов, полученных при постоянной и импульсной подаче электродной проволоки. Установлено что при изменении скорости подачи электродной проволоки при постоянном

энергетическом воздействии процесса наплавки эффективно формируется наплавленный валик, улучшается износостойкость и уменьшается количество потерь металла электрода. Данный результат достигается за счет изменения кинематических условий переноса электродного металла с торца электрода через дуговой промежуток в ванну жидкого металла.

Результаты указанной работы будут использованы при анализе состояния вопроса и при составлении проектной технологии, если будет принято решение использовать наплавку в защитных газах.

Во третьей работе [3] выбран присадочный порошок на основе железа 15X19N9M4C5ГЗД и разработана технология механизированной плазменной наплавки уплотнительных и цилиндрических поверхностей штоков (шпинделей) арматуры, которые эксплуатируются на тепловых и атомных электростанциях. Металл, наплавленный этим порошком, обладает необходимыми эксплуатационными свойствами и по сравнению с ранее применяемыми для этой цели никелевыми сплавами имеет более низкую цену. Применение плазменно-порошковой наплавки штоков энергетической арматуры взамен ручной дуговой покрытыми электродами и автоматической дуговой порошковыми проволоками позволило улучшить качество наплавленного металла, снизить припуски на механическую обработку, а также снизить расходы на наплавку и увеличить ресурс эксплуатации запорной арматуры.

Результаты указанной работы будут использованы в выпускной квалификационной работе при выборе наплавочного материала, если будет принято решение использовать плазменную наплавку.

В четвёртой работе [4] исследовано влияние способов автоматической дуговой наплавки на проплавление основного металла, качество формирования и геометрические размеры наплавленных валиков. В экспериментах использовали девять партий порошковых проволок. Установлено, что наибольшее влияние на формирование наплавленных валиков оказывает напряжение дуги. При этом диапазон значений

напряжений, при котором обеспечивается хорошее формирование наплавленных валиков и отсутствие пор, не совпадает при наплавке разными способами проволокой одного диаметра. Результаты, полученные в данной работе, могут быть использованы при выборе способа дуговой наплавки, режимов наплавки, которые в наибольшей степени удовлетворяют условиям эксплуатации и требованиям к наплавленному металлу для конкретных деталей.

Результаты указанной работы будут использованы при анализе возможных способов наплавки.

В пятой работе [5] проведено исследование влияния экзотермической смеси, входящей в состав наполнителя самозащитной порошковой проволоки, на параметры наплавленного валика. В ней доказана высокая эффективность восстановления с применением дуговой механизированной сварки порошковыми проволоками.

Результаты указанной работы будут использованы при анализе вероятных способов ремонта и составлении проектной технологии, если будет принято решение применить механизированную сварку порошковой проволокой.

1.5 Постановка задач на проектирование

Для достижения цели необходимо решить задачи:

1. Произвести анализ и выбор оптимального способа наплавки изделия
2. Составить техпроцесс наплавки.
3. Рассмотреть необходимые мероприятия для обеспечения производственной безопасности персонала
3. Составить экономическое обоснование предложенных технических решений

2 ПРОЕКТНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ КОРПУСА БУРОВОГО НАСОСА И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ЕЁ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ

2.1 Анализ способов восстановительной наплавки изделия

2.1.1 Методы электродуговой наплавки

Наиболее технологичным способом восстановительной наплавки считается электродуговая наплавка сплава с необходимым сочетанием механических свойств на подложку из конструкционной стали.

Наиболее применяемый и универсальный способ ремонта и упрочнения изнашиваемых деталей это **дуговая наплавка штучными электродами**. Эта технология является одной из операций базового технологического процесса.

Применение дуговой наплавки увеличивает стойкость обработанных поверхностей деталей к абразивному износу, уменьшает коррозию, эрозию, кавитационное разрушение, увеличивает период работы детали к усталости термического и контактного характера. Зачастую, при данном методе применяется как ручная, так и газовая и электродуговая наплавка, в том числе разные способы механизированной наплавки [8, 9, 10]. Дуговая наплавка с применением металлических электродов с покрытием сегодня самый распространённый метод, который используется при плановом и экстренном ремонте деталей машин. Простота и мобильность используемого оборудования, а также возможность выполнения операции для различных пространственных положений и труднодоступных мест определяют массовость этого способа.

Достоинствами ручной дуговой наплавки являются высокая прочность наплавляемого слоя и простота используемого в процессе работ оборудования.

Существенным недостатком метода, как и других способов ручной сварки, является низкая производительность операции и зависимость качества сварного соединения от квалификации исполнителя. Также недостатком метода является различная в начале и в конце операции скорость расплавления электрода.

Глубина проплавления основного металла может увеличиваться или уменьшаться в зависимости от изменения условий теплопереноса от дуги к металлу основы через жидкий металл ванны расплава. Это провоцирует изменение соотношения долей электродного и основного металла, напрямую участвующие в образовании металла сварного соединения, следовательно, и его химический состав и механические свойства.

Для наплавки в среде углекислого газа используют постоянный ток с обратной полярностью. Тип и марка электрода подбираются исходя из материала ремонтируемой детали и необходимых свойств наплавляемого металла. Величину подачи проволоки подбирают в зависимости от силы тока, которая устанавливается так, чтобы при выполнении операции наплавки отсутствовали короткие замыкания или обрывы дуги. На скорость наплавки влияют необходимая толщина наплавляемого металла и необходимое качество формируемого слоя. Наплавку осуществляют валиками с шагом примерно 2,5... 3,5 мм. Величина перекрытия соседних валиков должна быть не менее трети ширины одного валика.

К преимуществам данного метода можно отнести [11, 12, 13, 14]:

- высокое качество получаемого слоя для разнообразных металлов и сплавов при различной толщине слоя;
- высокую прочность полученного слоя, а также возможность получения однородного химсостава полученного слоя и основного материала;
- возможность выполнения операции для различных пространственных положений;
- возможность визуального контроля процесса, это является важным фактором при наплавке в полуавтоматическом режиме;

- отсутствие дополнительных операций для засыпки и уборки флюса и удаления шлаковых отложений;
- высокую производительность и простоту механизации и автоматизации технологии;
- низкую себестоимость операции при применении активной защитной среды.

Главными недостатками технологии являются высокая склонность к образованию горячих и холодных трещин, а также высокие поверхностные напряжения.

2.1.2 Наплавка лазером

Сущностью лазерной наплавки является нанесение на обрабатываемую поверхность изделия специального покрытия за счет расплавления вносимого присадочного материала. Ввиду минимального подплавления основы механические свойства покрытия зачастую зависят от свойств материала присадки [15, 16, 17, 18, 19].

Сегодня большое внимание уделяется одной из современных технологий, которая разработана с целью снижения стоимости и уменьшения периода изготовления новых деталей — объемному формообразованию за счет переплава дополнительного материала присадки лазерным лучом высокой плотности мощности. Эта технология может конкурировать не только с процессом быстрого прототипирования, со схожим принципом работы (производится обработка материала с помощью лазерного луча высокой плотности мощности, который управляется за счет компьютера), но также с традиционными механической и электроэрозионной обработкой.

Эта технология разработана на базе лазерной наплавки с дополнительным введением присадочного порошка в зону действия лазерного луча. Применение в качестве инструмента луча лазера позволяет получить пространственные фигуры при последовательном нанесении слоев

по сложной геометрической криволинейной траектории с минимальными термическими воздействиями на металл основы. Построение производится послойно снизу вверх, это позволяет изготавливать детали из различных материалов и контролировать за счет этого их механические свойства. С помощью этой технологии появляется возможность изготавливать и новые детали, и формировать на обрабатываемой поверхности восстанавливаемой детали объемные элементы. Данная технология крайне привлекательна для восстановления важных деталей в авиастроении, при ремонте дорогостоящей оснастки, а также при внесении изменений в конфигурацию изделий там, где использование традиционных технологий приведет к ухудшению механических свойств основного металла при воздействии высоких температур.

2.1.3 Газопламенное напыление

В химической промышленности при упрочнении поверхностей деталей различного оборудования используются различные газотермические методы нанесения покрытий [8, 14]. Адгезия плазменных и газоплазменных покрытий высокая, достигает 250 МПа. Данные способы обладают большой производительностью. С их помощью возможно получение покрытий с разбросом толщины от десятых долей миллиметра до нескольких миллиметров.

Каждый из применяемых при нанесении функциональных покрытий газотермических методов предполагает специальную область применения. К примеру, электрометаллизация и газоплазменное напыление используются в ремонтном и мелкосерийном производствах, а способы плазменного напыления применяются в крупносерийном производстве.

В ремонтных производствах часто используется газоплазменное нанесение металлических покрытий. Суть процесса состоит в напылении предварительно подготовленного расплавленного металла на специально

подготовленную для нанесения поверхность детали при использовании струи сжатого газа. Происходит соударение с высокой скоростью с поверхностью мелкодисперсных частиц расплавленного металла. Происходит их деформирование и внедрение в дефекты поверхностного слоя, тем самым образуется покрытие. Наносимый материал расплавляется в ацетилено-кислородном пламени и распыляется струей сжатого газа. Преимущества технологии:

- полное отсутствие каких-либо ограничений при сочетании материалов для наплавки;

- малый нагрев обрабатываемых деталей (примерно 120...180°C);

- высокая прочность наносимого покрытия;

- простота операции и применяемого оборудования.

С помощью данной технологии возможно нанесение покрытий из цветных, черных, и тугоплавких металлов. Наносимые покрытия сочетают высокие показатели контактной жесткости, а также высокое сопротивление износу.

К недостаткам технологии относят:

- снижение усталостной прочности ввиду образования растягивающих остаточных напряжений первого и второго рода;

- низкую коррозионную стойкость наносимых покрытий ввиду наличия в них пор.

2.1.4 Плазменная наплавка

Из современных применяемых в различных отраслях промышленности методов наплавки удовлетворяет требованию получения биметаллических деталей с минимальной глубиной проплавления металла подложки метод плазменной наплавки [20, 21].

Низкотемпературная плазма как рабочий инструмент все чаще применяется в металлургии и обработке материалов, например для наплавки

[22, 23]. Энергетические, тепловые и газодинамические параметры используемой низкотемпературной плазмы можно регулировать в значительных пределах. Поэтому при применении данной технологии можно получать слои с заданными функциональными свойствами. Плазменные способы наплавки позволяют получить хорошую производительность процесса, для них не нужно сложное оборудование и специализированные источники питания, они внедряются в любом цехе, участке, мастерской, словом там, где производится наплавка разнородных металлов.

Для плазменной наплавки с добавлением присадки в виде гранулированного порошка применяются плазмотроны комбинированного типа. При этом порошок и наплавляемая деталь подогреваются при использовании плазменной дуги прямого действия.

Данному способу присущи следующие достоинства:

- есть возможность одновременного нанесения различных материалов покрытий для создания поверхности с необходимыми свойствами;
- высокие показатели адгезии, обеспечиваемые высокими скоростями частиц напыляемого металла и крайне высокой температурой во время встречи частиц с подложкой;
- термическое воздействие на поверхность подложки крайне низкое.
- Существуют механизмы для полной автоматизации операции.

Недостатки способа:

- малая прочность наносимого покрытия;
- большая пористость покрытия;
- неоднородность структуры покрытия и наличие растягивающих напряжений.

На основании проведённого анализа состояния вопроса предлагается использовать плазменную наплавку в основе способа для восстановления корпуса насоса при разработке проектной технологии.

2.2 Выбор материала для наплавки

При восстановлении и упрочнении элементов корпуса буровых насосов хорошо зарекомендовали себя сплавы с основой никелем с бором и кремнием и имеющие твердость порядка 45...50 HRCэ.

Наплавляемый металл из этих сталей имеет высокие значения сопротивления износу, сохраняет высокие значения твердости до рабочей температуры 600 °С, имеет высокие значения стойкости к коррозии для большинства агрессивных сред. Также к другим преимуществам Ni-Cr-Si-B-сплавов можно отнести малую температуру плавления (1050...1150 °С), малую стоимость в сравнении со стоимостью Co-Cr-W-C-сплавов, и кроме того возможность значительного снижения температуры нагрева зоны обработки при наплавке.

Однако при наплавке Ni-Cr-Si-B-сплавов на подложку из низкоуглеродистых или низколегированных сталей есть определенные трудности.

Качественное формирование валиков при применении данной технологии уменьшает трудоемкость дополнительной механической обработки ввиду сокращения припусков. Величина наплавляемого слоя не превышает 3,8...4,2 мм, после дополнительной механической обработки – $3 \pm 0,5$ мм.

Выбор порошка для плазменной наплавки определяется задачей создания специального композиционного состава из порошкообразного материала, наносимого на восстанавливаемые поверхности деталей необходимой толщины без применения активных защитных сред с сохранением высоких значений износостойкости.

Эта задача решается при использовании смеси порошка с основой в виде железа и порошка на основе никеля. Используемый порошок на основе железа содержит, мас. %:

Таблица 2.1 – Состав присадочного порошка на основе железа

Углерод	3,3...3,5
Кремний	2,0...2,5
Марганец	10...12
Бор	2,5...3,0
Титан	3,0...4,0
Железо	Остальное

Порошок на основе никеля содержит, мас. %:

Таблица 2.2 – Состав присадочного порошка на основе никеля

Углерод	0,9...1,5
Хром	16...18
Кремний	4,0...5,0
Бор	4,0...4,7
Никель	Остальное

Соотношение порошков с основой железом и никелем в смеси должно быть примерно 70...75% и 30...25%. Производится смешивание порошков и фракционность каждого указанного компонента в этой смеси должна быть не более 100 мкм.

Плазменное наплавление покрытий выполняется при силе тока порядка 180...190 А, рабочем напряжении порядка 30 В, при расходе порошка 12...14 г/мин, расходе плазмообразующего газа на уровне 1,2...2 л/мин, частоте колебаний плазматрона 0,4...0,5 Гц, и температуре плавления рабочей смеси на уровне 1000...1300°C. Наличие титана в составе смеси приводит к образованию однородной структуры наплавленного покрытия, ввиду его раскислительной особенности. Его физико-химические свойства в составе порошка повышают показатели износостойкости обрабатываемой поверхности вкупе с входящими в состав смеси веществами.

2.3 Устройство для плазменной наплавки

Чертеж (рис. 2.1) показывает механизм для плазменной наплавки в поперечном сечении. Механизм содержит установленный соосно центральный стержневой электрод 1 и сопло 2 с увеличивающимся внутренним каналом 3, межэлектродный изолятор 4 и систему 5 ввода рабочего газа с порошком, снабженную дополнительной вставкой 6 с каналами 7.

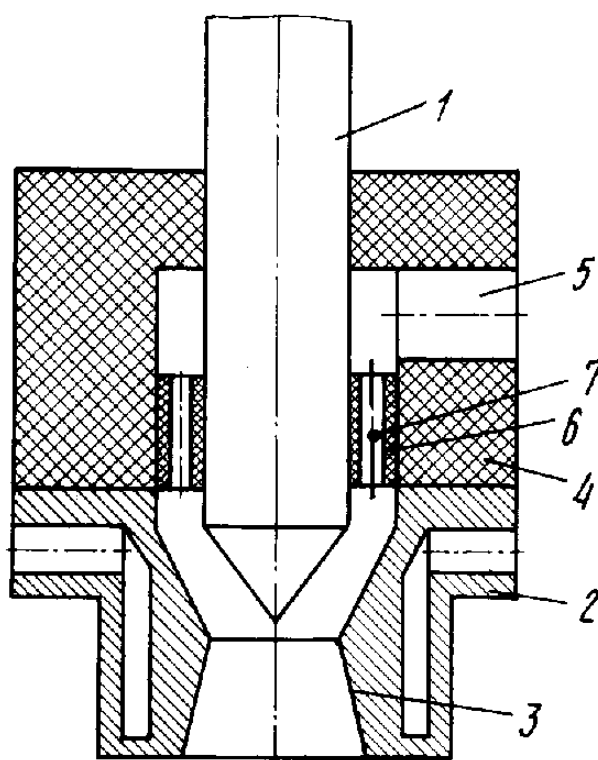


Рисунок 2.1 – Устройство для плазменной наплавки

Работа устройства выглядит следующим образом. Включается подача охлаждающей жидкости и рабочего газа, подается напряжение между электродом 1, соплом 2 и деталью. В первые секунды происходит возбуждение дуги между электродом 1 и соплом 2, после этого между электродом 1 и изделием. Параллельно с возбуждением дуги включается подача металлического порошка. Поток рабочего газа транспортирует его через каналы 7 вставки 6 в зону горения электрической дуги, где он нагревается и в расплавленном виде попадает на обрабатываемую

поверхность детали. Вследствие одинакового электрического потенциала сопла и детали исключается двойное дугообразование.

При величине увеличивающегося внутреннего канала сопла, которая равна 1 диаметру его минимального сечения, порошки с диаметром 40 и 100 мкм, основой которых являются металлы с малой температурой плавления, нагреваются до температур плавления. Если величина больше двух диаметров минимального сечения сопла происходит осаждение расплавленных частиц порошка на холодных поверхностях канала и происходит нарушение нормального режима наплавки.

2.4 Устройство питания плазматрона

Рассматриваемый в качестве основы вариант устройства для питания плазматрона (рис. 2.2) содержит трехфазный выпрямитель 1. На конце выпрямителя расположены отрицательный 2 и положительный 3 выводы. Также в устройство входят токоформирующие элементы 4, дроссели 5. Кроме того устройство содержит плазмотрон, состоящий из катода 6, управляющего электрода 7, детали 8, и схемы управления плазмотрона. Данная схема включает первую 9 и вторую 10 цепочки, и осциллятор 11. Первая цепочка 9 включает последовательно соединенные первый конденсатор 12, второй дроссель 13, резистор 14 и ключ 15. Вторая цепочка 10 включает последовательно соединенные второй конденсатор 16 и третий дроссель 17. В том числе, на схеме показан фильтрующий конденсатор 18, который включается на выходе выпрямителя 1, между его отрицательным 2 и положительным выводами 3, и диод 19, который подключается за токоформирующим элементом 4, между отрицательным 2 и положительным 3 выводами выпрямителя 1. Показаны заземления 20 и 21.

При работе устройства разряд искры замыкает электрическую цепь №1. Она состоит из положительной обкладки первого конденсатора – первой и второй цепочки - управляющего электрода - искрового промежутка - катода -

отрицательной обкладки первого конденсатора. Также разряд искры замыкает и электрическую цепь №2. Она состоит из положительной обкладки фильтрующего конденсатора - второй цепочки - управляющего электрода – искрового промежутка - катода - дросселя - токоформирующего элемента - отрицательной обкладки фильтрующего конденсатора. Первая цепь необходима для обеспечения устойчивого и постоянного зажигания дежурной дуги от управляющего электрода к катоду за счет коротковременного импульсного отбора энергии, который отбирается у первого конденсатора. Ограничение максимальных значений пускового тока происходит за счет волнового сопротивления резистора первой цепи. После этого одновременно со снижением значения пускового тока в первой цепи происходит увеличение тока во второй цепи.

Ток в первой цепи уменьшается до нуля, если напряжение на втором конденсаторе 16 становится максимальным.

Ко времени, когда ток дежурной дуги становится максимальным по значению, плазмообразующий газ, который подается под давлением, сдувает плазму из зоны управляющего электрода в зону анода, это замыкает цепь №3. Она состоит из положительной обкладки фильтрующего конденсатора - детали - плазмы - катода - дросселя - токоформирующего элемента - отрицательной обкладки фильтрующего конденсатора. Рабочий режим плазмотрона становится возникает, если значение тока дросселя больше нуля (ток во второй цепи отличен от нуля). Происходит гашение дежурной дуги между управляющим электродом и катодом за счет уменьшения величины пускового тока в цепи №1 и тока в цепи №2 до нуля (при этом второй конденсатор полностью заряжен). Течение тока идет только между катодом и деталью (рабочий режим).

В рабочем режиме плазмотрона напряжение на первом конденсаторе значительно уменьшается, это приводит к закрытию ключа и выключению осциллятора.

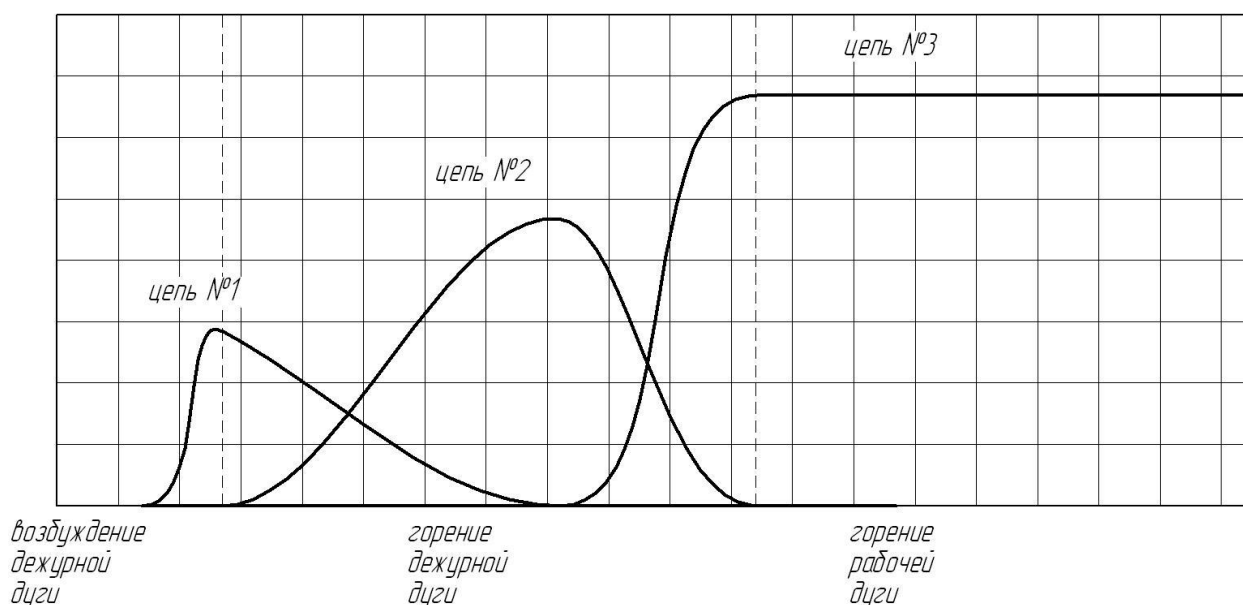


Рисунок 2.3 – Осциллограммы токов

В случае разрыва плазмы (так называемый аварийный режим) напряжение между катодом и анодом увеличивается, это приводит к открытию ключа и увеличению напряжения на первом конденсаторе, а в дальнейшем к выработке на выходе осциллятора высоковольтного напряжения и восстановлению рабочего режима.

2.5 Описание операций технологии

Технологический процесс восстановительной наплавки корпуса насоса включает в себя следующие операции:

- 1) Подготовительная (контролировать сварочно-технологические свойства электродов на соответствие требованиям; очистить детали от загрязнений; провести дефектовку; зачистить поверхности под наплавку и прилегающие участки на ширине не менее 10 мм);
- 2) Предварительный подогрев (греть изделия до температуры 120...150 °С);
- 3) Наплавка предварительного слоя;
- 4) Механическая обработка (точить наплавленную поверхность до гладкого состояния);
- 5) Дробеструйная обработка;

- 6) Предварительный подогрев (греть изделия до температуры 120...150 °С);
- 7) Наплавка последующих слоёв;
- 8) Механическая обработка (точить наплавленную поверхность до гладкого состояния);
- 9) Контроль качества.

При выполнении предварительной подготовки используют: 1) щетка металлическая; 2) машинка угловая шлифовальная; 3) лупа х4 ; 4) штангенциркуль; 5) ацетон технический; 6) круг абразивный; 7) дробеструйная камера ГАКС-ДК-М; 8) дробь стальная.

При выполнении предварительного подогрева используют: 1) электропечь СНО; 2) клещи; 3) термopара ХА; 4) потенциометр КСП-4.

При выполнении наплавки предварительного слоя используют: 1) плазменная установка; 2) источник питания модернизированный; 3) аргон ГОСТ10157-79; 4) порошок наплавочный ПТ-НА-01.

При выполнении механической обработки используют: 1) токарный станок 1К62Ф3С; 2) резец Р6М5; 3) СОЖ "Укринал".

При выполнении дробеструйной обработки используют: 1) дробеструйная камера ГАКС-ДК-М; 2) дробь стальная.

При выполнении наплавки последующих слоёв используют: 1) плазменная установка; 2) источник питания модернизированный; 3) аргон ГОСТ10157-79; 4) порошок наплавочный: ПГ-С1 75% + ПГ-СР2 25%.

При выполнении контроля качества используют: 1) лупа х4; 2) линейка; 3) твердомер ТН-320; 4) штангенциркуль; 5) набор ДМК-4.

3 ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОСТИ И ЭКОЛОГИЧНОСТИ РАЗРАБАТЫВАЕМОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА

3.1 Технологическая характеристика объекта

Восстановительная наплавка вала оснастки включает в себя следующие операции: 1) подготовка поверхности; 2) предварительный подогрев; 3) выполнение наплавки предварительного слоя; 4) механическая обработка; 5) дробеструйная обработка; 6) предварительный подогрев; 7) наплавка последующих слоёв; 8) механическая обработка 9) осуществление контроля качества.

Сварочные и родственные технологии остаются источниками многих опасных и вредных производственных факторов. С психофизиологической и социально-экономической точек зрения шум – это любой вредный для здоровья звук, мешающий восприятию полезных сигналов и снижающий работоспособность человека. В структуре профессиональной заболеваемости такой вид «шумовой болезни» как тугоухость вместе с заболеваниями органов дыхания, опорно-двигательного аппарата и с вибрационной болезнью составляет основную группу заболеваний работников промышленности.

Все это дополнительно усложняет и повышает стоимость сварочного оборудования, поэтому проводятся исследования, направленные на изучение влияния энергетических параметров (тока и напряжения) процесса сварки на объемы выделения сварочных аэрозолей и их вредных составляющих.

Возможности влияния процесса плазменной наплавки на гигиенические характеристики изучены недостаточно. Поэтому в данном разделе выпускной квалификационной работы необходимо выполнить сравнительную гигиеническую оценку плазменной наплавки и предложить методы защиты персонала от опасных и вредных производственных факторов.

Таблица 3.1 - Технологический паспорт объекта

Наименование технологической операции, выполняемые работы	Должность работника, выполняющего данную технологическую операцию	Оборудование, устройства и приспособления, применяемые при выполнении технологической операции	Вещества и материалы, применяемые при выполнении технологической операции
1) подготовка поверхности	Слесарь-сборщик	1) щетка металлическая, 2) машинка угловая шлифовальная 3) лупа х4 4) штангенциркуль 5) дробеструйная камера	1) ацетон технический 2) круг абразивный 3) дробь стальная
2) предварительный подогрев	Рабочий на термических машинах	1) электропечь СНО 2) клещи 3) термopара ХА 4) потенциометр КСП-4	-
3) выполнение наплавки предварительного слоя	Электросварщик на автоматических и полуавтоматических машинах	1) плазменная установка 2) источник питания модернизированный	1) аргон ГОСТ10157-79 2) порошок наплавочный ПТ-НА-01
4) механическая обработка	Токарь	1) токарный станок 1К62Ф3С	1) резец Р6М5 2) СОЖ "Укринал"
5) дробеструйная обработка	Слесарь-сборщик	1) дробеструйная камера	1) дробь стальная
6) предварительный подогрев	Рабочий на термических машинах	1) электропечь СНО 2) клещи 3) термopара ХА 4) потенциометр КСП-4	-
7) наплавка последующих слоёв	Электросварщик на автоматических и полуавтоматических машинах	1) плазменная установка 2) источник питания модернизированный	1) аргон ГОСТ10157-79 2) порошок наплавочный: ПГ-С1 75% + ПГ-СР2 25%
8) механическая обработка	Токарь	1) токарный станок 1К62Ф3С	1) резец Р6М5 2) СОЖ "Укринал"
9) осуществление контроля качества	Инженер - дефектоскопист	1) лупа х4 2) линейка 3) твердомер ТН-320 4) штангенциркуль 5) набор ДМК-4	-

3.2 Персональные риски, сопровождающие внедрение проектной технологии в производство

Таблица 3.2 –Профессиональные риски, сопровождающие осуществление проектной технологии

Наименование технологической операции, выполняемые работы	Опасные и вредные производственные факторы, сопровождающие осуществление проектной технологии	Источник появления опасного или вредного производственного фактора
1	2	3
1) подготовка поверхности	<ul style="list-style-type: none"> - острые кромки, заусенцы и шероховатости, присутствующие на поверхностях заготовок, инструмента и оборудования; - подвижные части механизмов, производственного оборудования и машин - повышенное значение напряжения в электрической цепи, для которой присутствует риск замыкания через тело человека 	<ul style="list-style-type: none"> 1) щетка металлическая, 2) машинка угловая шлифовальная 3) лупа х4 4) штангенциркуль 5) дробеструйная камера
2) предварительный подогрев	<ul style="list-style-type: none"> - повышенное значение напряжения в электрической цепи, для которой присутствует риск замыкания через тело человека; - высокая температура нагрева поверхности оборудования, заготовок и сварочных материалов 	<ul style="list-style-type: none"> 1) электропечь СНО 2) клещи 3) термомпара ХА 4) потенциометр КСП-4
3) выполнение наплавки предварительного слоя	<ul style="list-style-type: none"> - повышенное значение напряжения в электрической цепи, для которой присутствует риск замыкания через тело человека; - высокая температура нагрева поверхности оборудования, заготовок и сварочных материалов; - повышенное значение уровня ультразвуковых волн в рабочей зоне; - повышенное значение уровня инфракрасной радиации в рабочей зоне 	<ul style="list-style-type: none"> 1) плазменная установка 2) источник питания модернизированный
4) механическая обработка	<ul style="list-style-type: none"> - острые кромки, заусенцы и шероховатости, присутствующие на поверхностях заготовок, инструмента и оборудования; - подвижные части механизмов, производственного оборудования и машин - повышенное значение напряжения в электрической цепи, для которой присутствует риск замыкания через тело человека 	<ul style="list-style-type: none"> 1) токарный станок 1К62Ф3С

Продолжение таблицы 3.2

1	2	3
5) дробеструйная обработка	<ul style="list-style-type: none"> - острые кромки, заусенцы и шероховатости, присутствующие на поверхностях заготовок, инструмента и оборудования; - подвижные части механизмов, производственного оборудования и машин - повышенное значение напряжения в электрической цепи, для которой присутствует риск замыкания через тело человека 	Щетка металлическая; Машинка зачистная; Дробеструйная камера
6) предварительный подогрев	<ul style="list-style-type: none"> - повышенное значение напряжения в электрической цепи, для которой присутствует риск замыкания через тело человека; - высокая температура нагрева поверхности оборудования, заготовок и сварочных материалов 	1) электропечь СНО 2) клещи 3) термopара ХА 4) потенциометр КСП-4
7) наплавка последующих слоёв	<ul style="list-style-type: none"> - повышенное значение напряжения в электрической цепи, для которой присутствует риск замыкания через тело человека; - высокая температура нагрева поверхности оборудования, заготовок и сварочных материалов; - повышенное значение уровня ультразвуковых волн в рабочей зоне; - повышенное значение уровня инфракрасной радиации в рабочей зоне 	1) плазменная установка 2) источник питания модернизированной
8) механическая обработка	<ul style="list-style-type: none"> - острые кромки, заусенцы и шероховатости, присутствующие на поверхностях заготовок, инструмента и оборудования; - подвижные части механизмов, производственного оборудования и машин - повышенное значение напряжения в электрической цепи, для которой присутствует риск замыкания через тело человека 	1) токарный станок 1К62Ф3С
9) проведение контроля качества восстановленного изделия	<ul style="list-style-type: none"> - острые кромки, заусенцы и шероховатости, присутствующие на поверхностях заготовок, инструмента и оборудования - подвижные части механизмов, производственного оборудования и машин 	Лупа, твердомер ТН-134; Призма; Штатив

3.3 Предлагаемые мероприятия по снижению профессиональных рисков в ходе внедрения в производство проектной технологии

Таблица 3.3 - Методы и средства снижения воздействия опасных и вредных производственных факторов

Опасные и вредные производственные факторы, сопровождающие осуществление проектной технологии	Наименование предлагаемого организационного мероприятия и технического средства, осуществляющего защиту, снижение и устранение данного опасного и вредного производственного фактора	Наименование средства для осуществления индивидуальной защиты работника
1	2	3
1. Острые кромки, заусенцы и шероховатости, присутствующие на поверхностях заготовок, инструмента и оборудования	Проведение периодического инструктажа по вопросам техники безопасности	Перчатки, спецодежда.
2. Подвижные части механизмов, производственного оборудования и машин	Нанесение предостерегающих надписей, соответствующая окраска, применение ограждения	-
3. Высокая температура нагрева поверхности оборудования, заготовок и сварочных материалов	Проведение периодического инструктажа по вопросам техники безопасности	Спецодежда, перчатки
4. Повышенное значение напряжения в электрической цепи, для которой присутствует риск замыкания через тело человека	Устройство и периодический контроль заземления электрических машин и изоляции	-
6. Повышенное значение уровня инфракрасной радиации в рабочей зоне	Осуществление экранирования зоны сварки с использованием щитов	Спецодежда, маска сварщика

3.4 Предлагаемые мероприятия по обеспечению пожарной безопасности разрабатываемого технологического объекта

Таблица 3.4 - Технические средства, обеспечивающие пожарную безопасность технологического объекта

Наименование первичного средства для осуществления тушения	Наименование мобильного средства для осуществления тушения	Наименование стационарных систем и установок для осуществления тушения	Наименование пожарной автоматики	Наименование пожарного оборудования, применяющегося для тушения	Наименование средств индивидуальной защиты и спасения людей, применяющихся при	Наименование пожарного инструмента	Наименование пожарной сигнализации, связи и систем оповещения
Ящики с песком, кошма, огнетушитель ОП-5	-	-	-	-	План эвакуации,	Лопата, багор, топор	кнопка извещения о пожаре

Таблица 3.5 - Идентификация классов и опасных факторов пожара

Участок, подразделение	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
Участок, на котором осуществляется восстановительная наплавка	Установка плазменной наплавки, термическая печь	пожары, которые протекают при воспламенении и горении веществ и материалов на электроустановках, имеющих электрическое напряжение (Е)	Наличие пламени и искр; теплового потока; повышенной температуры окружающей среды; повышенной концентрации токсичных продуктов горения и термического разложения; пониженная концентрация кислорода; снижение видимости в дыму	замыкание на проводящие ток части технологических установок напряжения с высоким значением на оборудовании, агрегатах, изделиях и иного имущества; термохимическое воздействие огнетушащих веществ, которые используются при пожаре, на предметы и людей

Таблица 3.6 – Проведение организационных и технических мероприятий по обеспечению пожарной безопасности

Наименование технологического процесса	Реализуемое организационное или техническое мероприятие	Требования по обеспечению пожарной безопасности
Подготовка дефектного участка, восстановительная наплавка	Проведение ознакомительных мероприятий с рабочим персоналом и служащими, целью которых является доведение до них правил пожарной безопасности, использования средств наглядной агитации по пожарной безопасности. Учения по обеспечению пожарной безопасности с производственным персоналом и служащими	Необходимо обеспечить достаточное количество первичных средств пожаротушения, применение защитных экранов для ограничения разлёта искр.

3.5 Оценка экологической безопасности разрабатываемого технологического объекта

Таблица 3.7 – Идентификация экологических факторов технического объекта

Реализуемый технологический процесс	Составляющие операции технологического процесса	Отрицательное влияние технического объекта на атмосферу	Отрицательное влияние технического объекта на гидросферу	Отрицательное влияние технического объекта на литосферу
Подготовка дефектного участка, восстановительная наплавка	Подготовка дефектного участка, восстановительная наплавка	газообразные частицы и сажа, которые выделяются при наплавке	-	упаковка от порошка бумажная и полиэтиленовая; металлолом, преимущественно стальной; бытовой мусор.

Таблица 3.8 – Разработанные организационно-технические мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия технического объекта на окружающую среду

Наименование технического объекта	Восстановительная наплавка
Мероприятия, позволяющие снизить негативное антропогенное воздействие на литосферу	Необходимо предусмотреть установку контейнеров, позволяющих селективный сбор бытового мусора и производственных отходов. Необходима установка отдельного контейнера для сбора металлолома. На контейнеры следует нанести соответствующие надписи. Необходимо проведение инструктажа среди производственного персонала по вопросу правильного складывания в контейнеры мусора и отходов.

3.6 Заключение по экологическому разделу

В ходе выполнения экологического раздела было произведено выявление опасных и вредных производственных факторов, появление которых возможно при внедрении проектной технологии в производство. Проведён анализ возможности и мер по устранению и уменьшению опасных и вредных производственных факторов. В результате проведения этого анализа установлено, опасные и вредные производственные факторы могут быть устранены или уменьшены до необходимого уровня с применением стандартных средств безопасности и санитарии производства. Отсутствует необходимость в разработке дополнительных средств защиты. Внедрение проектной технологии в производство сопровождается угрозами экологической безопасности. Для устранения этих угроз необходимо соблюдение технологического регламента и производственной санитарии.

4 ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЕКТНОЙ ТЕХНОЛОГИИ

4.1 Исходные данные для проведения экономического расчёта

В выпускной квалификационной работе предложены технологические мероприятия по повышению эффективности восстановления корпуса бурового насоса. При выполнении базовой технологии наплавки предусматривается ручная дуговая наплавка штучными электродами, что приводит к получению значительного числа дефектов и дополнительным затратам времени на их устранение. В проектном варианте технологии предложено произвести замену ручной дуговой наплавки на плазменную наплавку. Применение предложенных технологических решений позволит получить снижение трудоемкости сварки и повышение стабильности качества выполняемых сварных соединений.

Экономические расчеты следует производить с учётом операций технологии восстановительной наплавки, которые изменяются по сравнению с базовым вариантом технологии.

Таблица 4.1 – Исходные данные для проведения экономического расчёта

№	Наименование экономического показателя	Обозначение показателя	Единица измерения	Значение экономического показателя по вариантам технологии	
				Базовый	Проектный
1	2	3	4	5	6
1	Общее количество рабочих смен	Ксм	-	1	1
2	Установленная норма амортизационных отчислений на используемое в технологическом процессе оборудование	На	%	21,5	21,5
3	Принимаемый разряд сварщика	Р.р.		V	V

Продолжение таблицы 4.1

1	2	3	4	5	6
4	Величина часовой тарифной ставки	Сч	Р/час	250	250
5	Значение коэффициента, устанавливающего размер отчислений на дополнительную заработную плату	Кдоп	%	12	12
6	Значение коэффициента, устанавливающего размер доплат к основной заработной плате	Кд		1,88	1,88
7	Значение коэффициента, учитывающего размер отчислений на социальные нужды.	Ксн	%	34	34
8	Принятое значение размера амортизационных отчислений на площади	На.пл.	%	5	5
9	Стоимость эксплуатации производственных площадей	Сэксп	(Р/м ²)/год	4000	4000
10	Цена приобретения производственных площадей	Цпл	Р/м ²	30000	30000
11	Площадь, которая занята технологическим оборудованием	S	м ²	30	40
12	Значение коэффициента, который учитывает наличие транспортно-заготовительных расходов	Кт -з	%	5	5
13	Значение коэффициента, учитывающего затраты на монтаж и демонтаж технологического оборудования	Кмонт Кдем	%	3	2
14	Рыночная стоимость применяемого технологического оборудования	Цоб	Руб.	240000	560000
15	Значение коэффициента, учитывающего затраты на дополнительную производственную площадь	Кпл.	-	3	3
16	Потребляемая мощность технологического оборудования	Муст	кВт	3,6	5,0
17	Стоимость расходуемой на проведение технологии электрической энергии	Цэ-э	Р/ кВт	1,79	1,79
18	Значение коэффициента, учитывающего выполнение нормы	Квн	-	1,1	1,1

Продолжение таблицы 4.1

1	2	3	4	5	6
19	Значение коэффициента полезного действия технологического оборудования	КПД	-	0,7	0,7
20	Принятое значение нормативного коэффициента эффективности капитальных вложений	Ен	-	0,33	0,33
21	Значение коэффициента, который учитывает цеховые расходы	Кцех	-	1,5	1,5
22	Значение коэффициента, который учитывает заводские расходы	Кзав	-	1,15	1,15
23	Значение коэффициента который учитывает производственной нормы	Кв		1,03	1,03
24	Время машинное	tмаш	час	0,4	0,22

4.2 Вычисление фонда времени работы оборудования

Величину годового фонда времени, в течение которого работает оборудование рассчитываем с использованием формулы:

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

где $T_{см}$ – принятая продолжительность смены;

D_p – общее количество рабочих дней в году;

$D_{п}$ – общее количество предпраздничных дней;

$T_{п}$ – ожидаемое сокращение рабочего времени предпраздничные дни в часах;

C – общее количество смен.

Подставив в (4.1) заданные значения, получим:

$$F_H = (277 \cdot 8 - 7 \cdot 1) \cdot 2 = 4418 \text{ ч.}$$

Расчётное определение величины эффективного фонда времени работы оборудования производим с использованием зависимости:

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

где V – плановые потери рабочего времени.

Подставив в (4.2) заданные значения, получим:

$$F_3 = 4418 \cdot (1 - 7/100) = 4108 \text{ ч.}$$

4.3 Расчёт времени, затрачиваемого для выполнения годовой программы, и коэффициента, учитывающего загрузку оборудования

Для определения временных затрат на выполнение операций технологического процесса используем расчётную зависимость:

$$t_{\text{шт}} = t_{\text{МАШ}} + t_{\text{ВСП}} + t_{\text{ОБСЛ}} + t_{\text{ОТЛ}} + t_{\text{П-3}}, \quad (4.3)$$

где $t_{\text{шт}}$ – общее время, которое затрачивает персонал на выполнение операций технологического процесса;

$t_{\text{МАШ}}$ – время, которое затрачивает персонал непосредственно на выполнение сварочных операций;

$t_{\text{ВСП}}$ – время, которое затрачивает персонал на подготовку к работе сварочного оборудования и составляет 10% от $t_{\text{МАШ}}$;

$t_{\text{ОБСЛ}}$ – время, которое затрачивает персонал на обслуживание, текущий и мелкий ремонт сварочного оборудования и составляет 5% $t_{\text{МАШ}}$;

$t_{\text{ОТЛ}}$ – время, которое затрачивает персонал на личный отдых, составляет 5% $t_{\text{МАШ}}$;

$t_{\text{П-3}}$ – время на подготовительно – заключительные операции, 1% $t_{\text{МАШ}}$.

Подставив в (4.3) заданные значения, получим:

$$t_{\text{шт.баз}} = 0,4 \cdot (100\% + 10\% + 5\% + 5\% + 1\%) = 0,525 \text{ ч.}$$

$$t_{\text{шт.проектн.}} = 0,22 \cdot (100\% + 10\% + 5\% + 5\% + 1\%) = 0,28 \text{ ч.}$$

Годовую программу объемов работ определяем расчётным путём:

$$П_{\Gamma} = \frac{F_3}{t_{\text{шт}}} \quad (4.4)$$

где F_3 – величина эффективного фонда времени работы оборудования;

$t_{\text{шт}}$ – штучное время на выполнение сварки;

Подставив в (4.4) необходимые значения, получим:

$$Пг_{\text{баз.}} = 4108/0,525 = 7824 \text{ изделий за год};$$

$$Пг_{\text{проектн.}} = 4108/0,28 = 14671 \text{ изделий за год.}$$

Для проведения дальнейших экономических расчётов принимаем $Пг = 5000$ типовых изделий за год.

Количество оборудования определяем с использованием формулы:

$$n_{\text{расч}} = \frac{t_{\text{шт}} \cdot Пг}{F_{\text{э}} \cdot K_{\text{вн}}} \quad (4.5)$$

где $t_{\text{шт}}$ – затрачиваемое штучное время на восстановительную наплавку;

$Пг$ – принятое значение годовой программы;

$F_{\text{э}}$ – величина эффективного фонда времени работы сварочного оборудования;

$K_{\text{вн}}$ – принятое значение коэффициента выполнения нормы.

Подставив в (4.5) необходимые значения, получим:

$$n_{\text{баз.}} = \frac{0,525 \cdot 5000}{4108 \cdot 1,1} = 0,58$$

$$n_{\text{проектн.}} = \frac{0,28 \cdot 5000}{4108 \cdot 1,1} = 0,31$$

На основании проведённых расчётов принимаем одну единицу оборудования для реализации базового технологического процесса и одну единицу оборудования для реализации проектного технологического процесса.

Расчётное определение величины коэффициента загрузки оборудования выполним с использованием зависимости:

$$K_z = n_{\text{расч}}/n_{\text{пр}} \quad (4.6)$$

где $n_{\text{расч}}$ – рассчитанное согласно (4.5) количество сварочного оборудования,

$n_{\text{пр}}$ – принятое ранее количество сварочного оборудования

Подставив в (4.6) необходимые значения, получим:

$$K_{zб} = 0,58/1 = 0,58$$

$$K_{3п} = 0,31/1 = 0,31$$

4.4 Расчет заводской себестоимости базового и проектного вариантов технологии

Затраты на материалы, используемые при реализации базового и проектного вариантов технологии, определяем с использованием формулы:

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

где C_M – стоимость сварочных материалов;

$K_{Т-з}$ – принятое значение коэффициента, учитывающего транспортно-заготовительные расходы.

При выполнении базовой технологии сварки для восстановления изделия предусматривается ручная дуговая наплавка штучными электродами, что приводит к получению значительного числа дефектов и дополнительным затратам времени на их устранение. В проектном варианте технологии предложено произвести замену ручной дуговой наплавки на плазменную наплавку. Расчёт затрат на материалы производим исходя из описания технологического процесса сварки.

$$M_{\text{баз.}} = 270 \cdot 1,5 \cdot 1,05 = 425,25 \text{ руб.}$$

$$M_{\text{проектн.}} = 410 \cdot 0,8 \cdot 1,05 + 90 \cdot 0,7 \cdot 1,05 = 410,55 \text{ руб.}$$

Фонд заработной платы (ФЗП) представляет собой сумму основной и дополнительной заработных плат. Для расчётного определения основной заработной платы используем зависимость:

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

где $C_{\text{ч}}$ – принятое значение тарифной ставки;

$K_{\text{д}}$ – принятое значение коэффициента, который учитывает затраты на доплату к основной заработной плате.

Подставив в (4.8) необходимые значения, получим:

$$Z_{\text{осн.баз.}} = 0,525 \cdot 250 \cdot 1,88 = 246,75 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{осн.проектн.}} = 0,28 \cdot 250 \cdot 1,88 = 131,6 \text{ руб.}$$

Для расчётного определения дополнительной заработной платы используем формулу:

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

где $K_{\text{доп}}$ – значение коэффициента, который учитывает затраты на отчисления на дополнительную заработную плату

Подставив в (4.9) необходимые значения, получим:

$$З_{\text{доп.баз.}} = 246,75 \cdot 12 / 100 = 29,61 \text{ руб.};$$

$$З_{\text{доп.проектн.}} = 131,6 \cdot 12 / 100 = 15,79 \text{ руб.}$$

$$\Phi ЗП_{\text{баз.}} = 246,75 + 29,61 = 276,36 \text{ руб.};$$

$$\Phi ЗП_{\text{проектн.}} = 131,6 + 15,79 = 147,39 \text{ руб.}$$

Расчётное определение величины отчислений на социальные нужды производим с использованием формулы:

$$О_{\text{сс}} = \Phi ЗП \cdot K_{\text{сс}} / 100, \quad (4.10)$$

где $K_{\text{сс}}$ – значение коэффициента, который учитывает затраты отчисления на социальные нужды.

Подставив в (4.10) необходимые значения, получим:

$$О_{\text{сс баз.}} = 276,36 \cdot 34 / 100 = 93,96 \text{ руб.}$$

$$О_{\text{сс проектн.}} = 147,39 \cdot 34 / 100 = 50,11 \text{ руб.}$$

Расчёт затрат на содержание и эксплуатацию технологического оборудования производим с использованием зависимости:

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

где $A_{\text{об}}$ – принятая величина амортизации оборудования;

$P_{\text{э-э}}$ – величина затрат на электрическую энергию;

Величину амортизации оборудования вычисляем с использованием формулы:

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

где $Ц_{\text{об}}$ – принятое значение стоимости оборудования;

$N_{\text{а}}$ – принятое значение нормы амортизации оборудования.

Подставив в (4.12) необходимые значения, получим:

$$A_{обб} = \frac{240000 \cdot 0,4 \cdot 21,5 \cdot 1}{4108 \cdot 100} = 5,02 \text{ рублей}$$

$$A_{обпр} = \frac{560000 \cdot 0,22 \cdot 21,5 \cdot 1}{4108 \cdot 100} = 6,45 \text{ рублей}$$

Расчётное определение расходов на электроэнергию производим с использованием зависимости:

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

где $M_{\text{уст}}$ – принятое значение мощности установки;

$C_{\text{э-э}}$ – стоимость электрической энергии;

КПД – значение коэффициента полезного действия технологического оборудования.

Подставив в (4.13) необходимые значения, получим:

$$P_{\text{э-эб}} = \frac{3,6 \cdot 1,79 \cdot 0,4 \cdot 1}{0,7} = 22,09 \text{ рублей}$$

$$P_{\text{э-эпр}} = \frac{5,0 \cdot 1,79 \cdot 0,22 \cdot 1}{0,7} = 20,46 \text{ рублей}$$

$$Z_{оббаз.} = 5,02 + 22,09 = 27,11 \text{ руб.}$$

$$Z_{обпроектн.} = 6,45 + 20,46 = 26,91 \text{ руб.}$$

Расчётное определение затрат на содержание и эксплуатацию площадей производим на основании зависимости:

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

где $P_{пл}$ – величина затрат на эксплуатацию и содержание производственных площадей;

$A_{пл}$ – амортизация площадей.

Величину затрат на содержание производственных площадей вычисляем на основании зависимости:

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

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

S – площадь, занятая под оборудование.

Подставив в (4.15) необходимые значения, получим:

$$P_{\text{ПЛБ}} = \frac{4000 \cdot 30 \cdot 0,4}{4108} = 11,68 \text{ руб.}$$

$$P_{\text{ПЛБ}} = \frac{4000 \cdot 40 \cdot 0,22}{4108} = 8,56 \text{ руб.}$$

Амортизацию площади вычисляем на основании формулы:

$$A_{\text{ПЛ}} = \frac{C_{\text{ПЛ}} \cdot Na_{\text{ПЛ}} \cdot S \cdot t_{\text{ПТ}}}{F_{\text{Э}} \cdot 100}, \quad (4.16)$$

где $Na_{\text{ПЛ}}$ – принятое значение нормы амортизации площади;

$C_{\text{ПЛ}}$ – цена приобретения площадей

Подставив в (4.16) необходимые значения, получим:

$$A_{\text{ПЛБ}} = \frac{30000 \cdot 30 \cdot 0,4 \cdot 21}{4108 \cdot 100} = 18,40$$

$$A_{\text{ПЛПр}} = \frac{30000 \cdot 40 \cdot 0,22 \cdot 21}{4108 \cdot 100} = 13,50$$

$$Z_{\text{ПЛБаз.}} = 11,68 + 18,40 = 30,08 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{ПЛПроектн.}} = 8,56 + 13,50 = 22,06 \text{ руб.}$$

Расчётное определение величины технологической себестоимости производим на основании зависимости:

$$C_{\text{ТЕХ}} = M + \text{ФЗП} + \text{Осс} + Z_{\text{ОБ}} + Z_{\text{ПЛ}} \quad (4.17)$$

Подставив в (4.17) необходимые значения, получим:

$$C_{\text{ТЕХБаз.}} = 425,25 + 276,36 + 93,96 + 34,65 + 30,08 = 852,76 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{ТЕХПроектн.}} = 410,55 + 147,39 + 50,11 + 26,91 + 22,06 = 657,02 \text{ руб.}$$

Расчётное определение величину цеховой себестоимости производим на основании зависимости:

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

где $K_{\text{ЦЕХ}}$ – коэффициент, который учитывает цеховые расходы

Подставив в (4.18) необходимые значения, получим:

$$C_{\text{ЦЕХБаз.}} = 852,76 + 246,75 \cdot 1,5 = 852,76 + 370,13 = 1222,89 \text{ руб.},$$

$$C_{\text{ЦЕХПроектн.}} = 657,02 + 131,6 \cdot 1,5 = 657,02 + 197,40 = 854,42 \text{ руб.}$$

Расчётное определение величины заводской себестоимости производим на основании зависимости:

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

где $K_{\text{ЗАВ}}$ – коэффициент, учитывающий заводские расходы

Подставив в (4.19) необходимые значения, получим:

$$C_{\text{ЗАВБаз.}} = 1222,89 + 246,75 \cdot 1,15 = 1222,89 + 283,76 = 1506,65 \text{ руб.},$$

$$C_{\text{ЗАВПроектн.}} = 854,42 + 131,6 \cdot 1,15 = 854,42 + 151,34 = 1005,76 \text{ руб.}$$

4.5 Калькуляция заводской себестоимости сварки по базовому и проектному варианту технологии

Таблица 4.2 – Заводская себестоимость сварки

№ п/п	ПОКАЗАТЕЛИ	Условные обозначения	Калькуляция, рублей	
			Базовый	Проектный
1	Материалы	М	425,25	410,55
2	Фонд заработной платы	ФЗП	276,36	147,39
3	Отчисления на социальные нужды	О _{СН}	93,96	50,11
4	Затраты на оборудование	Зоб	27,11	26,91
5	Расходы на площади	Зпл	30,08	22,06
	Себестоимость технологическая	Стех	852,76	657,02
6	Расходы цеховые	Рцех	370,13	197,40
	Себестоимость цеховая	Сцех	1222,89	854,42
7	Расходы заводские	Рзав	283,76	151,34
	Себестоимость заводская	С _{ЗАВ}	1506,65	1005,76

4.6 Определение капитальных затрат по базовому и проектному вариантам технологии сварки

Расчётное определение величины капитальных затраты, сопровождающих реализацию базового варианта технологии производим с использованием следующей зависимости:

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

где $K_{\text{З}}$ – значение коэффициента, который учитывает загрузку технологического оборудования;

$C_{\text{ОБ.Б}}$ – размер остаточной цены оборудования, полученный с учетом срока службы технологического оборудования (рублей);

n – принятое количество оборудования, которое необходимо для выполнения производственной программы согласно описанию технологического процесса.

$$C_{\text{ОБ.Б}} = C_{\text{ПЕРВ.}} - (C_{\text{ПЕРВ.}} \cdot T_{\text{СЛ}} \cdot N_{\text{А}} / 100), \quad (4.21)$$

где $C_{\text{ПЕРВ.}}$ – стоимость приобретения технологического оборудования (рублей)

$T_{\text{СЛ}}$ – установленный срок службы технологического оборудования на момент внедрения результатов выпускной квалификационной работы в производство (лет);

$N_{\text{А}}$ – принятое значение нормы амортизации технологического оборудования (%).

Подставив в (4.20) и (4.21) необходимые значения, получим:

$$C_{\text{ОБ.Баз.}} = 240000 - (240000 \cdot 2,5 \cdot 21 / 100) = 114000 \text{ рублей}$$

$$K_{\text{ОБЩБаз.}} = 1 \cdot 114000 \cdot 0,58 = 66120 \text{ рублей}$$

Расчётное определение величины общих капитальных затрат при реализации проектного варианта технологического процесса производим с использованием формулы:

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

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

$K_{\text{Пл}}$ – принятая величина капитальных вложений в площади (поскольку базовый и проектный вариант технологии предполагает использование одной и той же площади, размеры площади не изменились, поэтому расчёта капитальных вложений в площади не производим);

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

$$K_{\text{ОБПроектно}} = C_{\text{ОБПР}} \cdot K_{\text{Т-З}} \cdot K_{\text{ЗБ}} \quad (4.23)$$

Подставив в (4.23) необходимые значения, получим:

$$K_{\text{ОБПроектн.}} = 1 \cdot 560000 \cdot 1,05 \cdot 0,31 = 182280 \text{ руб.}$$

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

где $K_{\text{ДЕМ}}$ – принятое значение затрат на демонтаж технологического оборудования для реализации базового процесса;

$K_{\text{МОНТ}}$ – принятое значение коэффициента расходов на монтаж оборудования.

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

где $K_{\text{ДЕМ}}$ – коэффициент, учитывающий расходы на демонтаж.

Подставив в (4.25) необходимые значения, получим:

$$K_{\text{ДЕМ}} = 1 \cdot 240000 \cdot 3/100 = 7200 \text{ руб.}$$

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

где $K_{\text{МОНТ}}$ – значение коэффициента, учитывающего затраты на монтаж технологического оборудования для реализации проектного процесса.

Подставив в (4.24) и (4.25) необходимые значения, получим:

$$K_{\text{МОНТ}} = 1 \cdot 560000 \cdot 2/100 = 11200 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{СОП}} = 7200 + 11200 = 18400 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{ОБЩПроектн.}} = 182280 + 18400 = 200680 \text{ руб.}$$

Расчётное определение величины дополнительных капитальных вложений выполняем с использованием зависимости:

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

Подставив в (4.27) необходимые значения, получим:

$$K_{\text{доп}} = 200680 - 66120 = 134560 \text{ руб.}$$

Расчётное определение величины удельных капитальных вложений выполняем с использованием зависимости:

$$K_{\text{уд}} = \frac{K_{\text{общ.}}}{P_{\Gamma}}, \quad (4.28)$$

где P_{Γ} – принятое значение годовой программы.

Подставив в (4.28) необходимые значения, получим:

$$K_{\text{удБаз.}} = 66120 / 5000 = 13,22 \text{ руб./ед.}$$

$$K_{\text{удПроектн.}} = 200680 / 5000 = 40,14 \text{ руб./ед.}$$

4.7 Расчёт показателей экономической эффективности проектного варианта технологии

Величину показателя снижения трудоемкости определим с использованием формулы:

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

Подставив в (4.29) необходимые значения, получим:

$$\Delta t_{\text{шт}} = \frac{0,525 - 0,28}{0,525} \cdot 100\% = 46,7\%$$

Величину показателя повышения производительности труда определим по формуле:

$$P_{\Gamma} = \frac{100 \cdot \Delta t_{\text{шт}}}{100 - \Delta t_{\text{шт}}} \quad (4.30)$$

Подставив в (4.30) необходимые значения, получим:

$$P_{\Gamma} = \frac{100 \cdot 46,7}{100 - 46,7} = 101,5\%$$

Величину показателя снижения технологической себестоимости определим по формуле:

$$\Delta C_{\text{ТЕХ}} = \frac{C_{\text{ТЕХБ}} - C_{\text{ТЕХПР}}}{C_{\text{ТЕХБ}}} \cdot 100\% \quad (4.31)$$

Подставив в (4.31) необходимые значения, получим:

$$\Delta C_{\text{ТЕХ}} = \frac{852,76 - 657,02}{852,76} \cdot 100\% = 23\%$$

Величину условно-годовой экономии (ожидаемой прибыли) определим по формуле:

$$\text{Пр}_{\text{ож.}} = \text{Э}_{\text{у.г.}} = \left(C_{\text{зав}}^{\text{б}} - C_{\text{зав}}^{\text{пр}} \right) \cdot \text{П}_{\Gamma} \quad (4.32)$$

Подставив в (4.32) необходимые значения, получим:

$$\text{Э}_{\text{у.г.}} = (1506,65 - 1005,76) \cdot 5000 = 2504450 \text{ руб.}$$

Величину срока окупаемости дополнительных капитальных вложений определим по формуле:

$$T_{\text{ок}} = \frac{K_{\text{доп}}}{\text{Э}_{\text{у.г.}}} \quad (4.33)$$

Подставив в (4.33) необходимые значения, получим:

$$T_{\text{ок}} = \frac{134560}{2504450} = 0,5$$

Размер годового экономического эффекта в сфере производства определим по формуле:

$$\text{Э}_{\Gamma} = \text{Э}_{\text{у.г.}} - \text{Ен} \cdot K_{\text{доп}} \quad (4.34)$$

Подставив в (4.34) необходимые значения, получим:

$$\text{Э}_{\Gamma} = 2504450 - 0,33 \cdot 134560 = 2460045,2 \text{ руб.}$$

4.8 Выводы по экономическому разделу

В экономическом разделе выпускной квалификационной работы были произведены расчеты с целью определения таких экономических параметров, как технологическая и заводская себестоимость восстановления вала.

Установлено, что проектный вариант восстановления после своего внедрения в производство даст такие эффекты, как уменьшение трудоемкости на 46,7 %, увеличение производительности труда на 101,5 %, что уменьшило технологическую себестоимость на 23 %. Расчётная величина условно-годовой экономии составила 2,5 млн. рублей.

Величина годового экономического эффекта, полученная с учетом затрат на капитальные вложения в оборудование, составила 2,46 млн рублей. Капитальные вложения в оборудование размером будут окуплены за 0,5 года.

На основании вышеизложенного делаем вывод о том, что разработанная технология восстановительной наплавки обладает экономической эффективностью.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Цель выпускной квалификационной работы – повышение эффективности восстановительной наплавки на примере корпуса бурового насоса.

Для достижения цели необходимо было решить задачи: 1) Произвести анализ и выбор оптимального способа наплавки изделия; 2) Составить техпроцесс наплавки; 3) Рассмотреть необходимые мероприятия для обеспечения производственной безопасности персонала; 4) Составить экономическое обоснование предложенных технических решений

Были предложены технологические мероприятия по повышению производительности и качества восстановительной наплавки корпуса бурового насоса. При выполнении базовой технологии предусматривается ручная дуговая наплавка штучными электродами, что приводит к получению значительного числа дефектов и дополнительным затратам времени на их устранение. В проектом варианте технологии предложено произвести замену ручной дуговой наплавки на плазменную наплавку. Применение предложенных технологических решений позволит получить снижение трудоемкости сварки и повышение стабильности качества проводимых наплавочных работ.

В ходе выполнения экологического раздела было произведено выявление опасных и вредных производственных факторов, появление которых возможно при внедрении проектной технологии в производство. Проведён анализ возможности и мер по устранению и уменьшению опасных и вредных производственных факторов.

Произведена оценка экономической эффективности проектной технологии. Установлено, что проектный вариант восстановления после своего внедрения в производство даст такие эффекты, как уменьшение трудоемкости на 46,7 %, увеличение производительности труда на 101,5 %,

что уменьшило технологическую себестоимость на 23 %. Величина годового экономического эффекта составила 2,46 млн рублей.

На основании вышеизложенного можно заключить о достижении поставленной цели.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

- [1] Балдаев, Л.Х. Опыт применения технологии лазерной наплавки для реновации уплотнительных поверхностей запорной арматуры / Л.Х. Балдаев, В.С. Степин, О.Е. Грачев, М.А. Киселев // Трубопроводная арматура и оборудование. - № 1. – 2015.
- [2] Лендел, И.В. Влияние импульсной подачи электродной проволоки на формирование и износостойкость наплавленного валика, а также потери электродного металла при дуговой наплавке в углекислом газе / И.В. Лендел, С.Ю. Максимов, В.А. Лебедев, О.А. Козырко // Автоматическая сварка. – 2015. – № 5–6. – С. 46–48.
- [3] Переплётчиков, Е.Ф. Плазменно-порошковая наплавка штоков энергетической арматуры / Е. Ф. Переплетчиков, И. А. Рябцев // Автоматическая сварка. – 2013. – № 4. – С. 56–58.
- [4] Бабинец, А.А. Влияние способов дуговой наплавки порошковой проволокой на проплавление основного металла и формирование наплавленного металла / А.А. Бабинец, И.А. Рябцев, А.И. Панфилов [и др.] // Автоматическая сварка. – 2016. – № 11. – С. 20–25.
- [5] Жариков, С.В. Влияние экзотермической смеси в составе сердечника самозащитной порошковой проволоки на параметры наплавленного валика / С.В. Жариков // Вісник східноукраїнського національного університету ім. В. Даля. – Луганск: СНУ, 2010. – № 2. – С. 102–105.
- [6] Гумеров А.Г. Эксплуатация оборудования нефтеперекачивающих станций / А.Г Гумеров., Р.С. Гумеров, АМ Акбердин. — М.: Недра, 2001.
- [7] Ельцов, В. В. Ремонтная сварка и наплавка деталей машин и механизмов.: учебное пособие / В. В. Ельцов. – Тольятти: ТГУ, 2012 – 176 с.
- [8] Молодык Н. В., Зенкин А.С. Восстановление деталей машин.— М.: Машиностроение, 1989. – 480 с.
- [9] Сварка в машиностроении. Справочник в 4-х тт.— М.: Машиностроение, 1978.

- [10] Акулов А.И., Бельчук Г.А., Демянцевич В.П. Технология и оборудование сварки плавлением.— М.: Машиностроение, 1977
- [11] Потапьевский А.Г. Сварка в защитных газах плавящимся электродом. – М.: Машиностроение, - 1974. - 240 с.
- [12] Неверов, В.В. Разработка технологии наплавки износостойких сплавов при изготовлении биметаллических изделий . – Автореферат на соискание учёной степени кандидата технических наук. Специальность 05.03.06, 2007.
- [13] Хасуй А., Моригаки О. Наплавка и напыление. М. Машиностроение. 1985. – 239 с.
- [14] Борисов, Ю.С. Использование сверхзвуковых струй в технологии газотермического напыления / Ю.С. Борисов, С.В. Петров // Автоматическая сварка. – 1995. – № 1. – С. 41–44.
- [15] Величко, О.А. Лазерная наплавка цилиндрических деталей порошковыми материалами / О.А. Величко, П.Ф. Аврамченко, И.В. Молчан, В.Д. Паламарчук // Автоматическая сварка. – 1990. – № 1. – С. 59–65.
- [16] Гофман, Я. Восстановление сменных деталей с помощью лазерных технологий // Автоматическая сварка. – 2001. – № 12. – С. 37–38.
- [17] Конюшин, А. Технические возможности современных твердотельных лазеров / А. Конюшин, В. Маняк, Р. Хольц, Г. Легуин // Фотоника. – 2009. – № 2. – С. 22–23.
- [18] Биргер, Е.М. Промышленная лазерная наплавка: современное состояние и тенденции / Е.М. Биргер, Г. В. Москвитин, А.Н. Поляков, В.Е. Архипов, // Сварочное производство. – 2009. – № 9. – С. 3–8.
- [19] Шелягин, В.Д. Лазерно-микроплазменное легирование и нанесение покрытий на стали / В.Д. Шелягин, В.Ю. Хаскин, Ю.Н. Переверзев // Автоматическая сварка. – 2006. – № 2 – С. 3–6.
- [20] Гладкий, П.В. Плазменная наплавка / П.В. Гладкий, Е.Ф. Переплетчиков, И.А. Рябцев. – Киев: Екотехнологія, 2007. – 292 с.

- [21] Сом, А.И. Плазменно-порошковая наплавка композиционных сплавов на базе литых карбидов вольфрама / А.И. Сом // Автоматическая сварка. – 2004. – № 10. – С. 49–54.
- [22] Салманов, Л.Н. Разработка высокованадиевых наплавочных материалов и упрочняющих технологий для штампов и пресс-форм. Диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук. – Барнаул: Алтайский государственный технический университет. – 2000.
- [23] Макаренко, Н.А. Разработка установки и плазмотрона для плазменно-порошковой наплавки на разнополярно-импульсном токе / Н.А. Макаренко, А.А. Богуцкий, Н.А. Грановская, В.В. Синельник // Вісник східноукраїнського національного університету ім. В. Даля.. – Луганск: СНУ, 2010. – № 2. – С. 168–173.