

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 Технологический процесс исправления коррозионных дефектов
на длительно эксплуатируемых магистральных нефтепроводах

Студент

Д.А. Фурсин

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., профессор Г.М. Короткова

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

Консультанты

к.э.н., доцент О.М. Сярова

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

к.ф.-м.н., доцент Д.А. Романов

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

Тольятти 2023

Аннотация

Настоящая выпускная квалификационная работа посвящена решению вопроса повышения эффективности сварочных технологий при выполнении ремонтной заварки коррозионных дефектов на магистральных трубопроводах.

Выполненный анализ состояния вопроса позволил обосновать выбор способа сварки, в качестве которого для построения проектной технологии предлагается применить сварку в защитных газах проволокой сплошного сечения с импульсным управлением горением сварочной дугой. Повышение эффективности способа сварки достигнуто за счёт применения разработок, предложенных отечественными исследователями-сварщиками.

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

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

Производительность труда повышается на 233 %. Уменьшение технологической себестоимости составило 20 %. При этом за счёт повышения производительности труда и снижения издержек удалось получить годовой экономический эффект в размере 0,95 млн. рублей.

Результаты настоящей выпускной квалификационной работы рекомендуются к внедрению на предприятиях, которые выполняют строительство и ремонт магистральных трубопроводов.

Содержание

Введение	5
1 Современное состояние ремонтных технологий на нефтепроводах.	7
1.1 Описание нефтепровода.	7
1.2 Сведения о материале нефтепровода.	9
1.3 Статистика по дефектам на магистральных нефтепроводах.	12
1.4 Описание операций базового технологического процесса ремонтной сварки дефектного участка трубопровода.	15
1.5 Формулировка задач выпускной квалификационной работы.	19
2 Построение проектной технологии ремонтной сварки магистрального нефтепровод.	21
2.1 Обоснование выбора способа ремонтной сварки.	21
2.2 Повышение эффективности выбранного способа сварки.	25
2.3 Описание предлагаемого способа сварки.	28
3 Обеспечение безопасности и экологичности предлагаемых технических решений.	32
3.1 Конструктивно-технологическая характеристика рассматриваемого объекта.	32
3.2 Идентификация профессиональных и производственных рисков.	33
3.3 Методики и технические средства для устранения профессиональных рисков.	36
3.4 Пожарная безопасность рассматриваемого технологического объекта.	37
3.5 Вопросы обеспечения экологической безопасности.	39
4 Экономическое обоснование предлагаемых в выпускной квалификационной работе решений.	41
4.1 Анализ исходной информации по базовой и проектной технологиям.	41
4.2 Оценка фонда времени работы оборудования.	43

4.3 Оценка штучного времени при выполнении операций проектного и базового вариантов технологии.	44
4.4 Расчёт заводской себестоимости при осуществлении операций технологического процесса по рассматриваемым вариантам.	46
4.5 Капитальные затраты при реализации проектного и базового вариантов технологии.	50
4.6 Показатели экономической эффективности.	53
Заключение	55
Список используемой литературы и используемых источников.	57

Введение

В настоящее время эксплуатация магистральных нефтепроводов происходит в экономически сложных условиях. С одной стороны, снижение стоимости энергоносителей заставляет снижать издержки по эксплуатации магистрального нефтепровода. С другой стороны, наблюдается значительный износ используемого сейчас трубопроводного транспорта, который требует постоянного исправления дефектов различной природы. Если эти дефекты своевременно не устранять, будут нарушены взятые Россией экологические обязательства, так как аварии на магистральных нефтепроводах приведут к существенному ущербу для окружающей среды.

В связи с этим следует отметить высокую актуальность вопроса обеспечения безопасной эксплуатации линейной части магистральных нефтепроводов. В настоящий момент требуется проведение ежегодного ремонта в объёме порядка 7 тысяч километров [15]. При этом полученная тарифная выручка позволяет провести адекватный ремонт порядка 2 тысяч километров в год. В связи с этим стремительно стареющие магистральные нефтепроводы из источника дохода превращаются в источник убытка, отрицательное влияние которого на бюджет Российской Федерации ежегодно будет только расти.

В настоящее время количество аварий на магистральных нефтепроводах составляет порядка 0,14 крупных разливов на 1000 километров. При этом в качестве главной причины таких аварий следует указать отказ линейной части трубопровода. Доля простоев по этой причине составляет порядка 85 % общего времени простоя магистральных нефтепроводов [16].

Значительная часть запасов нефти в Российской Федерации рассредоточено в районах Западной Сибири и Крайнего Севера, это заставляет значительно увеличивать протяжённость нефтепроводов, которая на сегодняшний момент составляет порядка 20 тысяч километров

нефтепродуктопроводов и 50 тысяч километров нефтепроводов [3]. В качестве основной причиной аварий на магистральных нефтепроводах и нефтепродуктопроводах большинство источников указывает наличие коррозионных дефектов труб, которые с течением времени начинают развиваться по количеству и величине. С учётом того, что значительная часть трубопроводов была построена более 15 лет назад, вследствие частичного или полного разрушения изоляционного покрытия протекание коррозионных процессов в трубах резко ускорились. Если в период с 1998 по 1996 год доля коррозионных разрушений составляла 30 % в числе всех аварий, то начиная с 2008 года на коррозионные разрушения приходится уже порядка 50 всех разрушений [7].

Одной из причин, которая привела к ускорению коррозионных процессов в трубах, является глобальное потепление. В результате повышения средней и максимальной температуры происходит таяние вечной мерзлоты и образование термокартов – участков, где мерзлота потеряла инертность и превратилась в заболоченную местность. На этих участках произошла просадка трубопровода, разрушение его защитного покрытия и ускорение коррозионных процессов. С учётом того, что глобальное потепление будет продолжаться, следует ожидать увеличения скорости коррозионных повреждений трубопроводов.

Необходимо проведение исследований в направлении повышения производительности диагностических и ремонтных мероприятий на магистральных трубопроводах [14], [24]. Следует указать, что сварочные процессы играют ключевую роль в построении технологии ремонта магистральных нефтепроводов.

На основании вышеизложенного следует признать актуальность цели выпускной квалификационной работы – повышение эффективности сварочных работ при ремонте магистрального нефтепровода.

1 Современное состояние ремонтных технологий на нефтепроводах

1.1 Описание нефтепровода

В настоящей выпускной квалификационной работе рассматривается магистральный нефтепровод «Восточная Сибирь – Тихий океан», которому отводится серьёзная роль в обеспечении энергетической и финансовой безопасности Российской Федерации. Значительная часть трубопровода проходит по территории вечной мерзлоты. Схема пролегания трубопровода по территории Российской Федерации представлена на рисунке 1. При изготовлении магистрального трубопровода использовались трубы с толщиной стенки 18...27 мм при диаметре 1067...1220 мм. Класс прочности труб составляет К56...К70 [6]. В значительной степени коррозионная стойкость трубопровода определяется состоянием защитного покрытия. Образование в результате глобального потепления термокарста приводит к просадке грунта и повреждению защитного покрытия на трубопроводе. На рисунке 2 представлен внешний вид термокарста с просевшим участком трубопровода. На диаграммах 3 и 4 представлены статистические данные по аварийности и травматизму на магистральных трубопроводах, представленные в работах [7], [14].



Рисунок 1 – Схема прокладки нефтепровода ВСТО через территорию с вечной мерзлотой



Рисунок 2 – Внешний вид термокарста с просевшим участком трубопровода

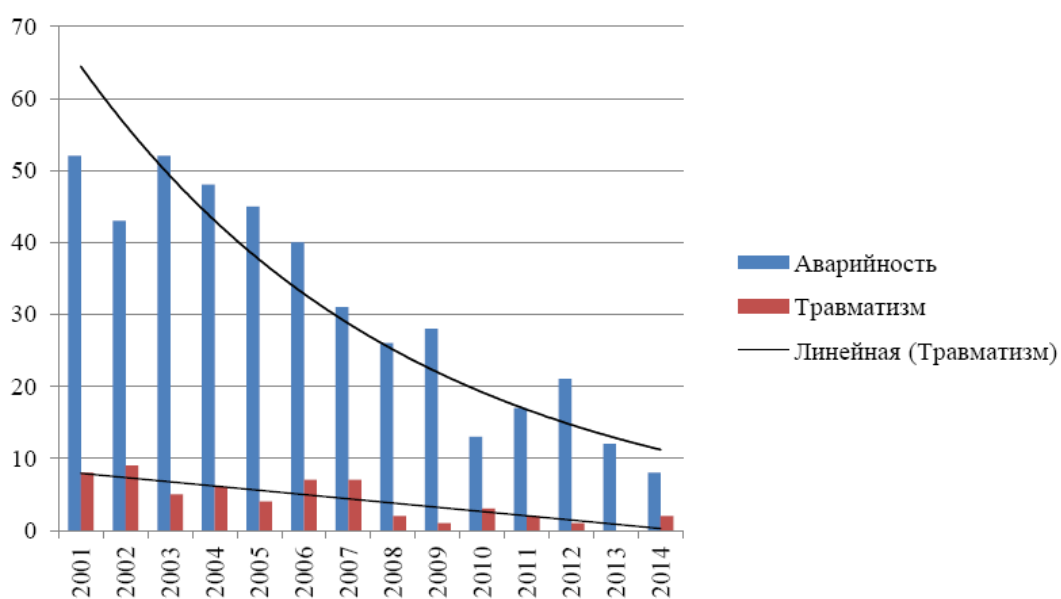


Рисунок 3 – Аварийность и травматизм на магистральных трубопроводах

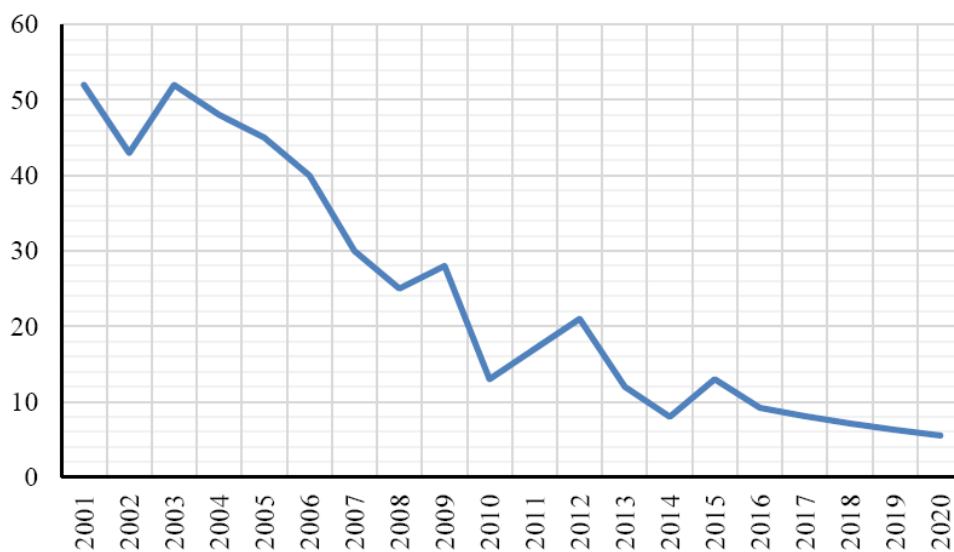


Рисунок 4 – Прогнозирование аварий на магистральных трубопроводах РФ

В результате совокупного действия глобального потепления и старения трубопровода следует ожидать увеличения количества аварий, в том числе и со смертельными исходами.

Также следует указать усиливающееся отрицательное воздействие на коррозионные процессы блуждающих токов, которые возникают от соседства трубопровода с железными дорогами и линиями электропередач.

1.2 Сведения о материале нефтепровода

Для изготовления рассматриваемого участка нефтепровода были применены трубы из стали 10Г2ФБ, которая является ферритно-перлитной и имеет класс прочности К60. В таблице 1 представлено содержание химических элементов в стали 10Г2ФБ.

Таблица 1 – Содержание химических элементов в стали 10Г2ФБ [9]

C	Mn	Si	S	P	Ti	Al	V	Nb	N ₂
0,10	1,58	0,38	0,005	0,015	0,019	0,034	0,076	0,048	0,008

В современных сталях для изготовления магистральных трубопроводов значительно уменьшена перлитная составляющая по сравнению с ранее применяемыми сталями. Также следует отметить значительное уменьшение размеров зерна в структуре стали, что позволяет повысить прочность и сместить область хрупкого разрушения в область пониженных температур эксплуатации. Наличие в сталях карбидообразующих элементов позволяет при незначительном суммарном проценте легирования добиться значительного упрочнения стали, что позволяет экономить при выплавке хром, никель и медь [23]. На рисунке 5 представлена исходная структура стали 10Г2ФБ после прокатки (а) и литая (б).

Выгодное отличие стали 10Г2ФБ от других трубных сталей заключается в повышенных прочностных характеристиках. На рисунке 6 представлены пределы текучести различных трубных сталей.

Высокая прочность стали 10Г2ФБ сочетается с высокой пластичностью, которая может быть объяснена образующимся в структуре стали в результате прокатки мелкозернистого феррита. Высокая пластичность стали 10Г2ФБ по сравнению с большинством трубных сталей является её явным преимуществом. На рисунке 7 представлено распределение трубных сталей по относительному удлинению.

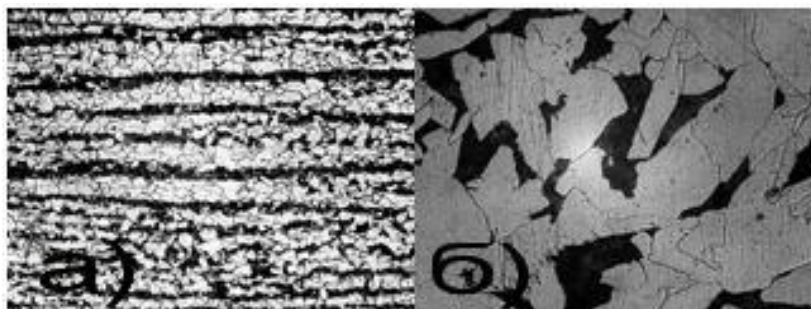


Рисунок 5 – Структура стали 10Г2ФБ после прокатки (а) и литая (б)

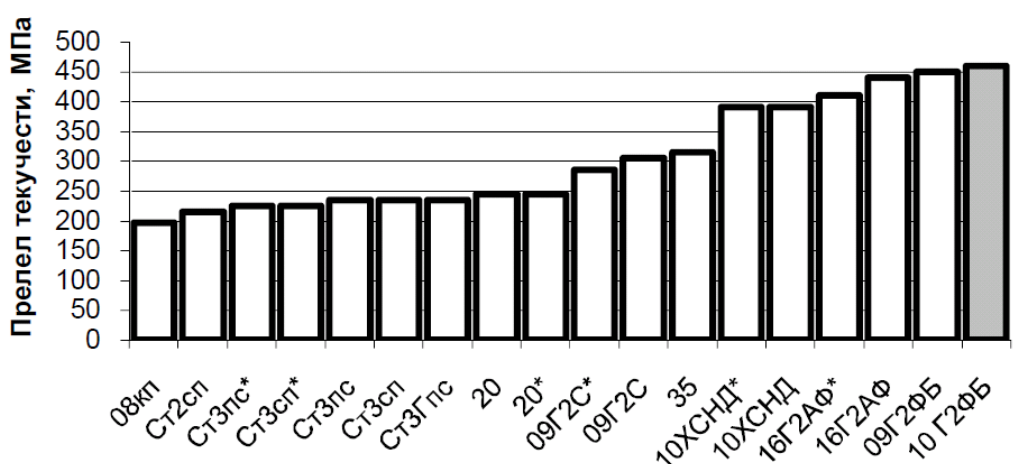


Рисунок 6 – Диаграмма прочностных характеристик различных сталей трубного назначения

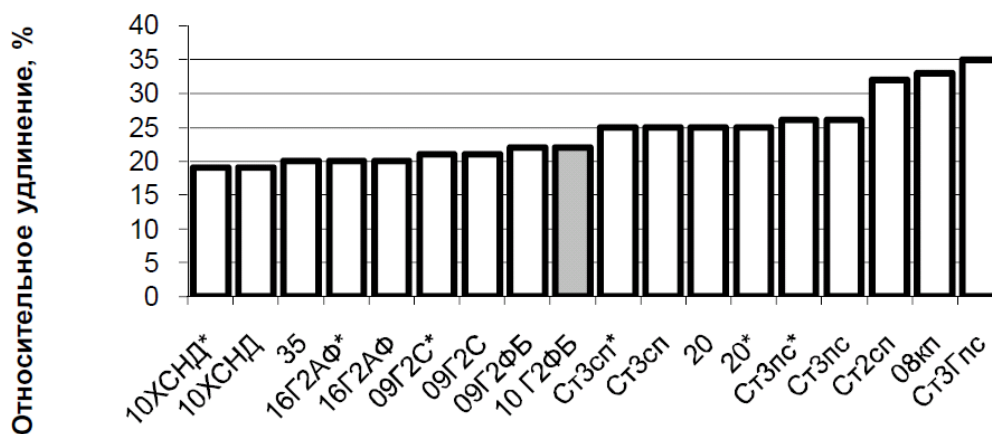


Рисунок 7 – Диаграмма пластических характеристик различных сталей трубного назначения

На свариваемость трубных сталей значительное влияние оказывает эквивалентное содержание в них углерода, которое рассчитывается с учётом содержащихся в них легирующих элементах. На рисунке 8 представлено соотношение содержания эквивалентного углерода в сталях, из которой видно, что содержание эквивалентного углерода в стали 10Г2ФБ значительно ниже, чем в большинстве рассматриваемых трубных сталях.

При строительстве металлических конструкций значительное влияние на экономические показатели оказывает цена применяемой стали. Как показано на рисунке 9, цена стали 10Г2ФБ оказывается ниже большинства трубных сталей.

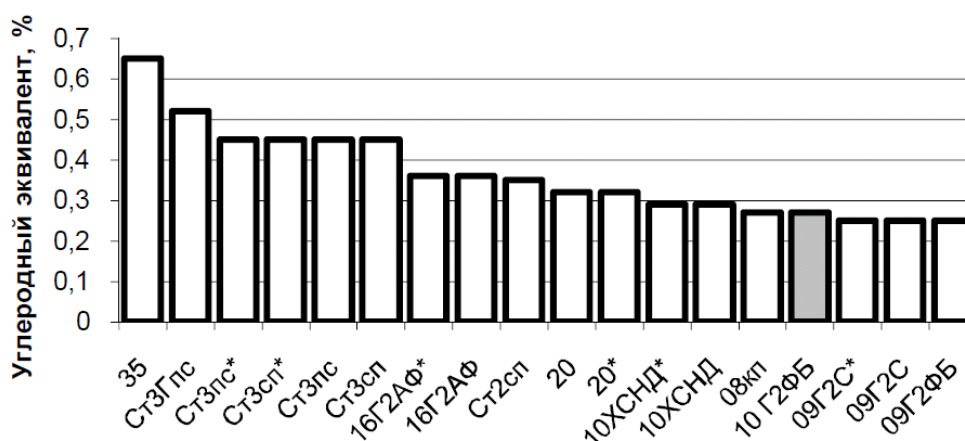


Рисунок 8 – Диаграмма эквивалентного содержания углерода в различных сталях трубного назначения

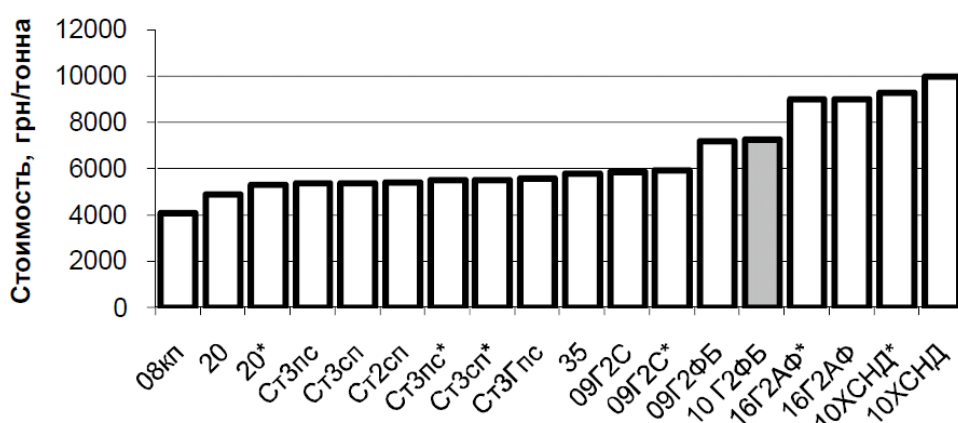


Рисунок 9 – Диаграмма цены различных сталей трубного назначения

На основании вышеизложенного следует признать высокую эффективность применения стали 10Г2ФБ для изготовления магистральных нефтепроводов.

1.3 Статистика по дефектам на магистральных нефтепроводах

При длительной эксплуатации магистрального трубопровода на его линейной части возможно получение ряда дефектов, которые классифицируются по РД 23.040.00-КТН-090-07. Наиболее распространенные виды дефектов представлены на рисунке 10 и включают в себя дефекты в сварных соединениях (рисунок 10-а), коррозионные дефекты (рисунок 10-б), недопустимые ремонтные конструкции (рисунок 10-в) и проявление язвенной коррозии (рисунок 10-г).

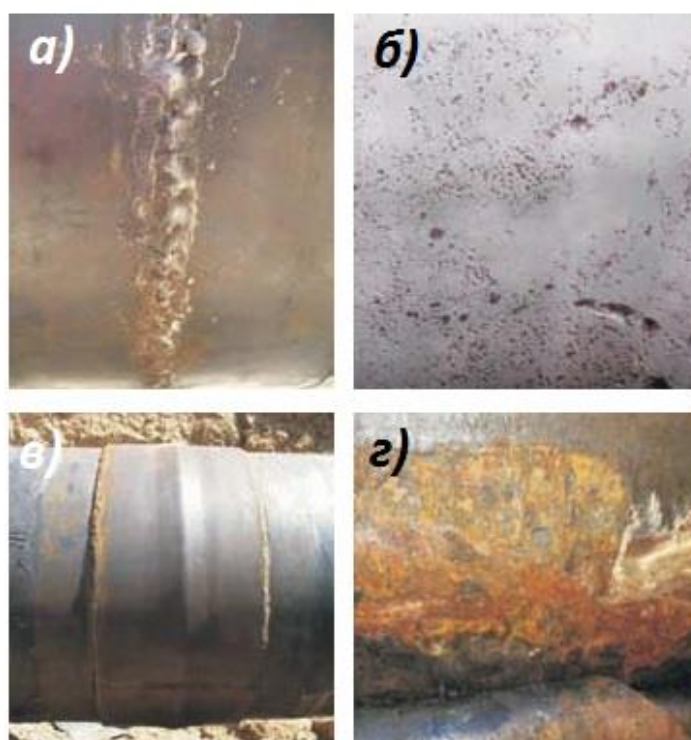


Рисунок 10 – Разновидности дефектов длительно эксплуатируемых магистральных нефтепроводов

Различают несколько типов дефектов нефтепроводов. К первому типу дефектов относятся дефекты, образовавшиеся в результате изменения формы труб: гофр, вмятины, сужение. Ко второму типу дефектов относятся дефекты стенки трубы: расслоения, уменьшение толщины, трещины. К третьем типу дефектов относятся дефекты сварного шва: косой стык, непровары, раковины, наплывы, утяжины, несплавления, смещения кромок. К четвёртому типу дефектов следует отнести ремонтные конструкции,

применение которых не регламентировано или конструкции с превышенным сроком службы.

На рисунке 11 представлена диаграмма распространённости дефектов различного вида на магистральных нефтепроводах, из которой видно, что самым распространённым видом дефекта является коррозионное поражение труб. На рисунке 12 представлены причины аварий на магистральных трубопроводах, из которого видно, что порядка 32 % всех аварий приходится на заводской брак трубы, 22 % аварий происходит по причине коррозионного поражения труб, 18 % аварий происходит по причине механического повреждения трубопровода, 7 % аварий произошли по причине брака при строительстве трубопровода.

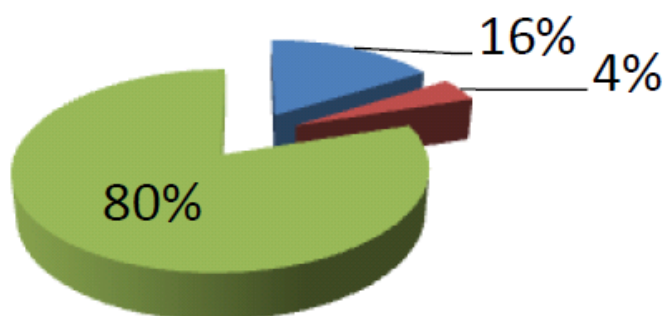


Рисунок 11 – Распространённость различных видов дефектов на магистральных нефтепроводах

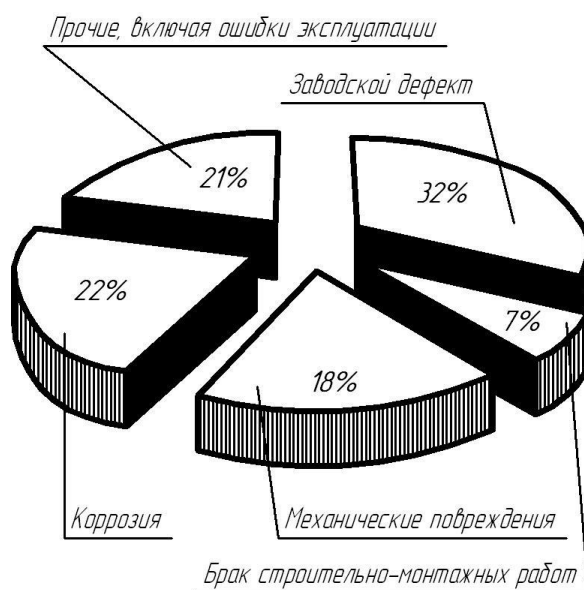


Рисунок 12 – Причины аварий нефтепроводном транспорте

«Анализ статистических данных по авариям на магистральных трубопроводах позволяет выделить восемь групп факторов, влияние которых определяет возникновение аварийных ситуаций:

- конструктивно-технологические дефекты, 30 %;
- дефекты труб и сварных швов, 20 %;
- качество выполнения строительно-монтажных работ, 10 %;
- качество планирования и сопровождения работ, 10 %
- коррозия, 10 %;
- внешние антропогенные воздействия, 10 %;
- природные явления, 5 %» [24].

Распределение факторов риска представлено на рисунке 13.

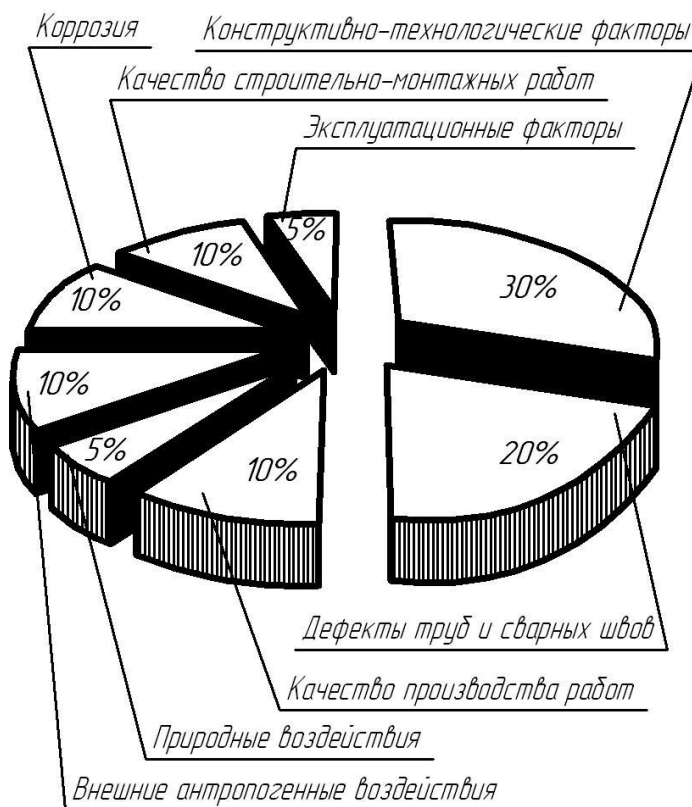


Рисунок 13 – Группы факторов аварийности магистральных нефтепроводов

Ремонт линейной части при устранении коррозионных повреждений может выполняться шлифовкой, выборкой с последующей заваркой и установкой ремонтной конструкции. Самым радикальным способом является замена части трубопровода.

1.4 Описание операций базового технологического процесса ремонтной сварки дефектного участка трубопровода

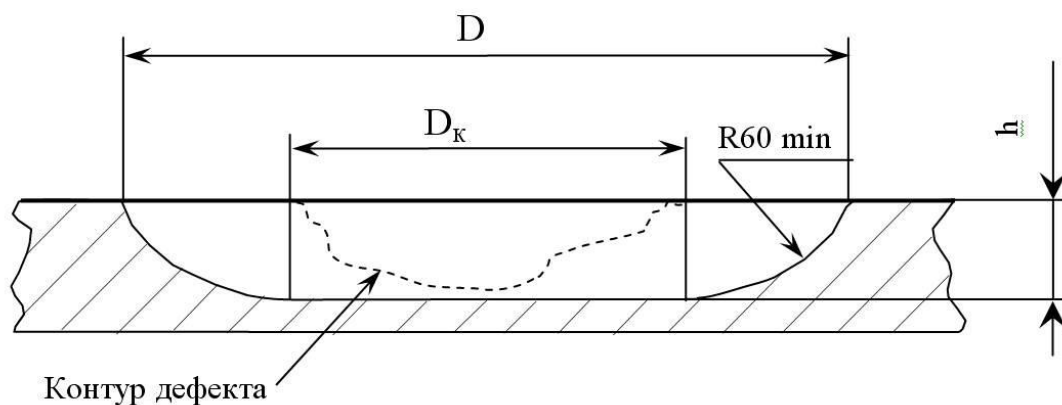
Ремонтная сварка дефектного места трубопровода выполняется электродами с основным видом покрытия типа Э60 или Э50А. Питание сварочной дуги обеспечивается от выпрямителя ВД-306, который представлен на рисунке 14.

Первой операцией является подготовка дефектного участка трубы. Визуально определяют положение дефекта на трубе, после чего удаляют рваные остатки полимерной ленты защитного покрытия. При помощи ветоши выполняют зачистку поврежденного места от пыли, загрязнений, снега.



Рисунок 14 – Сварочный выпрямитель ВД-306Ш

Далее с использованием шлифовальной машинки выполняют срезание заусенцев, задиров и острых выступов. Закругляют края повреждённого участка по всему периметру. На рисунке 15 представлена форма выборки дефектного места. Поверхность дна выборки должна быть гладкой, а сама выборка должна иметь овальную форму. Переход от выборки к основному металлу должен быть выполнен с радиусом не менее 60 мм. Зачистку продуктов коррозии необходимо выполнять вглубь здорового металла не менее чем на 1 мм. Для разметки границ выборки применяют гибкие шаблоны овальной формы. Остаточная толщина стенки трубы должна составлять не менее 5 мм.



D_k – размер удаляемого дефекта, мм; D – размер выборки, мм; h – глубина выборки, мм

Рисунок 15 – Форма выборки

После выполнения выборки проводят контроль состояния оставшегося металл при помощи капиллярного или ультразвукового метода. Недопустимо наличие таких повреждений, как расслоения и трещины. Для контроля остаточной стенки трубопровода применяется ультразвуковой толщиномер А-1208, который представлен на рисунке 16. Для выборки дефектного места применяется радиальная шлифовальная машинка ИП-2014, представленная на рисунке 17.



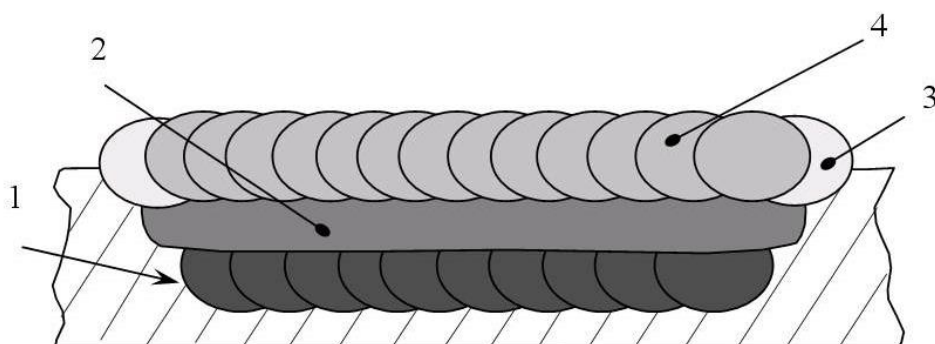
Рисунок 16 – Ультразвуковой толщиномер А-1208



Рисунок 17 – Радиальная шлифовальная машина ИП-2014

Второй операцией является предварительный подогрев до температуры 100...130 °С. Нагрев выполняют газовыми нагревателями с применением пропан-бутановой смеси. Нагрев проводят на ширину 80 мм в каждую сторону от выборки. Температуру нагрева контролируют с применением контактной термопары ТК-5, установку которой выполняют на расстоянии 15 мм от края выборки.

Третьей операцией является заварка выборки. Последовательность ремонтной заварки представлена на рисунке 18. При заварке применяют узкие валики. Сварное соединение выполняется несколькими слоями: первый слой (обозначен на рисунке позицией 1), заполняющие слои (обозначены на рисунке позицией 2), контурной шов (обозначен на рисунке позицией 3), облицовочный слой (обозначен на рисунке позицией 4).



1 – первый слой шва; 2 – заполняющие слои; 3 – контурный шов;
4 – облицовочный слой шва

Рисунок 18 – Последовательность ремонтной заварки выборки

Первый слой выполняют узкими параллельными валиками поперечно оси трубы. Сварку ведут «на подъём». Валики всех остальных нечётных слоёв накладывают таким же образом. Второй и все последующие чётные слои выполняют валиками, которые направлены параллельно оси трубы. Порядок наложения валиков при заварке ремонтной выборки представлен на рисунке 19. Ширина валиков должна составлять не более 10 мм, перекрытие валиков должно быть не менее 3 мм. Следует тщательно выводить кратер на сварной шов и тщательно его заправлять, далее выполнять механическую зачистку поверхности кратера.

Сварку ведут на постоянном токе обратной полярности. В таблице 2 приведены значения параметров режима для различных слоев при заварке ремонтной выборки. Сварку следует вести короткой дугой, накладывая на движение электрода поперечные колебания.

Выполнение контурного шва следует проводить перед сваркой облицовочного слоя, колебания электрода выполняют поперечно линии выборки. Ширина контурного шва должна быть порядка 8...12 мм, контурный шов должен иметь плавный переход к основному металлу.

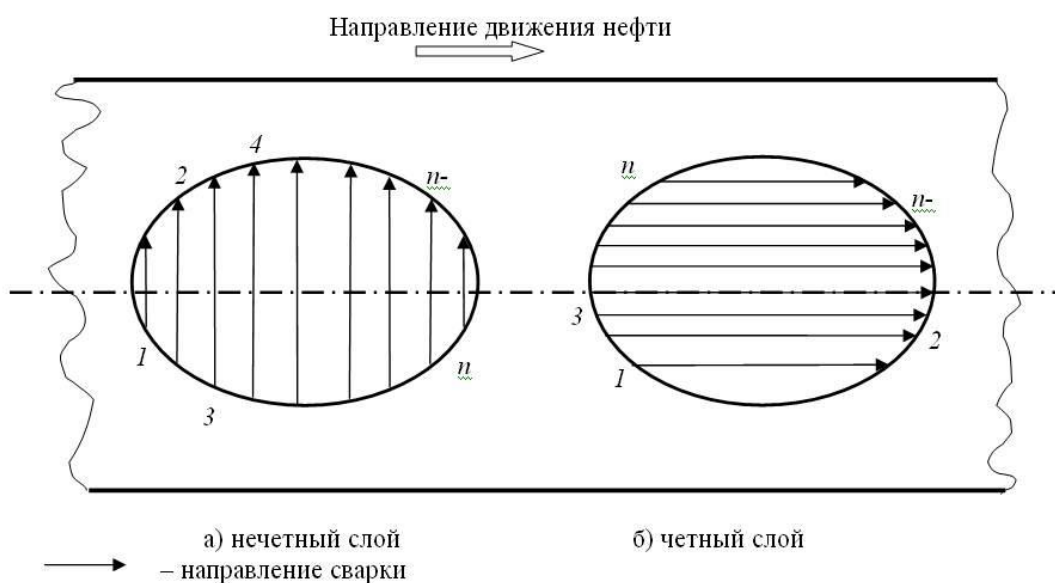


Рисунок 19 – Порядок наложения валиков четных и нечетных слоев шва

Таблица 2 – Параметры режима сварки при заполнении ремонтной выборки

«Слой шва	Диаметр электрода, мм	Сварочный ток, А	Скорость сварки, мм/с
Первый	3,0; 3,2 (2,5; 2,6)	90 – 100 (70 – 80)	1,40 – 1,50 (1,25 – 1,40)
Заполняющие	3,0; 3,2	100 – 120	1,25 – 1,50
Контурный	3,0; 3,2	100 – 120	1,25 – 1,50
Облицовочный	3,0; 3,2	100 – 120	1,25 – 1,50

Четвёртой операцией является механическая обработка выборки после сварки, которая выполняется шлифовальным кругом. Поверхность после механической обработки должна иметь высоту усиления 1...1,5 мм и иметь гладкую форму» [15]. На рисунке 20 представлен внешний вид заваренной выборки после проведения механической обработки.

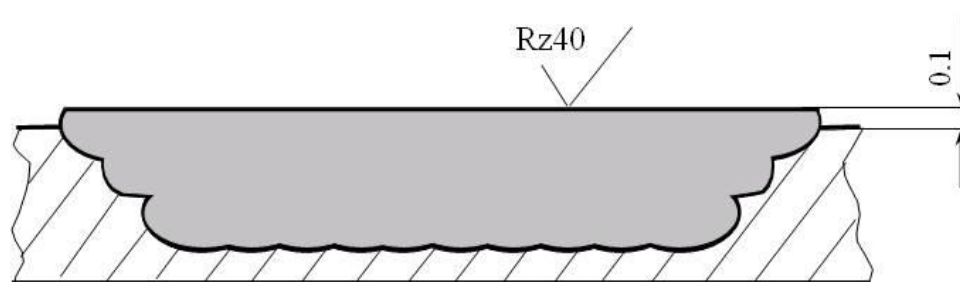


Рисунок 20 – Параметры механической обработки поверхности заваренной ремонтной выборки

Пятой операцией является контроль качества. Выполняют визуально-измерительный контроль качества, ультразвуковой контроль качества и контроль проникающими веществами.

. При визуально измерительном контроле и контроле проникающими веществами определяют наличие поверхностных дефектов, к которым относят незаваренные кратеры, свищи, несплавления, выходящие на поверхность трещины и поры.

При ультразвуковом контроле определяют наличие внутренних дефектов: трещин, пор, расслоений, шлаковых включений, подрезов в корне шва, непроваров.

«Визуально-измерительный контроль проводят на участке, перекрывающем заваренную выборку во все стороны на 100 мм. Ультразвуковой контроль и контроль проникающими веществами проводят на участке, перекрывающем заваренную выборку во все стороны на 50 мм» [15].

1.5 Формулировка задач выпускной квалификационной работы

В настоящей работе поставлена цель – повышение эффективности сварочных работ при ремонте магистрального нефтепровода.

При анализе литературных данных по статистике аварий на магистральных трубопроводах показано, что самым распространённым видом дефекта является коррозионное поражение труб.

Базовая технология исправления коррозионного дефекта трубы предусматривает выборку дефектного места и заварку с применением ручной дуговой сварки. Она имеет ряд недостатков. Первым недостатком является малая производительность ручной дуговой сварки, которая не может быть повышена за счёт форсирования режимов или применения новых сварочных 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 сварочных материалов из-за затрат на огарки, кроме того, необходимость прерывания горения дуги при смене электрода приводит к снижению производительности и качества сварки. Четвёртым недостатком является малая стабильность качества сварки, имеющая прямую зависимость от квалификации сварщика.

Для достижения поставленной цели необходимо решение задач:

- обосновать выбор способа сварки, при этом следует рассмотреть альтернативные способы сварки, дать им экспертную оценку по критериям технологичности, экономичности и долговечности сварных соединений;
- повышение эффективности выбранного способа сварки применительно к рассматриваемой конструкции на основании разработок, проведённых отечественными и зарубежными исследователями – сварщиками;
- составить проектную технологию ремонтной сварки, дать перечень технологических операций, сформулировать требования к выполнению каждой операции, назначить параметры режима обработки, выбрать необходимое технологическое оборудование.

2 Построение проектной технологии ремонтной сварки магистрального нефтепровода

2.1 Обоснование выбора способа ремонтной сварки

При заварке ремонтной выборки на линейной части магистрального нефтепровода возможно применение таких способов сварки:

- «ручная дуговая сварка,
- сварка под слоем флюса;
- механизированная сварка в защитном газе проволокой сплошного сечения;
- механизированная сварка самозащитной порошковой проволокой» [15].

На рисунке 21 представлена схема выполнения ручной дуговой сварки, преимущества которой позволили получить ей широкое распространение при изготовлении и ремонте металлических конструкций [9], [10]. Во-первых, ручная дуговая сварка не предъявляет значительных требований к профессиональным теоретическим знаниям сварщика. Во-вторых, для осуществления и сопровождения сварки не требуется высокоточного метрологического обеспечения, ручная дуговая сварка характеризуется простотой оборудования и технологий. Построение поста для ручной дуговой сварки может быть выполнено с минимальными затратами, а необходимое оборудование уже имеется на предприятии.

На рисунке 22 представлена схема выполнения сварки под флюсом, которая нашла применение в основном для стыковых швов в нижнем положении. Толщина наплавляемого металла может составлять 10...20 мм. Преимущества сварки под флюсом заставляют рассматривать этот способ применительно к ремонту трубопровода. Первым «преимуществом является широкие возможности по управлению составом наплавленного металла за счёт легирования как через флюс, так и через проволоку. Вторым

преимуществом является высокая стабильность качества и эксплуатационные свойства сварного шва, который может быть выполнен на открытом воздухе» [1]. Третьим преимуществом является высокая производительность, которая в значительной степени проявляется при сварке протяжённых швов.

На рисунке 23 представлена схема выполнения механизированной сварки проволокой сплошного сечения в защитных газах. В числе преимуществ способа следует указать, во-первых, практически полное отсутствие шлаковой корки, что позволяет повысить стабильность качества сварки и производительность за счёт отсутствия необходимости отбива шлака после выполнения каждого валика. Во-вторых, при сварке упрощается визуальное наблюдение за горением дуги и наплавленным металлом. В-третьих, при сварке в защитных газах расплавленный металл обладает повышенной вязкостью, что упрощает выполнение сварных швов в различных пространственных положениях [18], [19], [22].

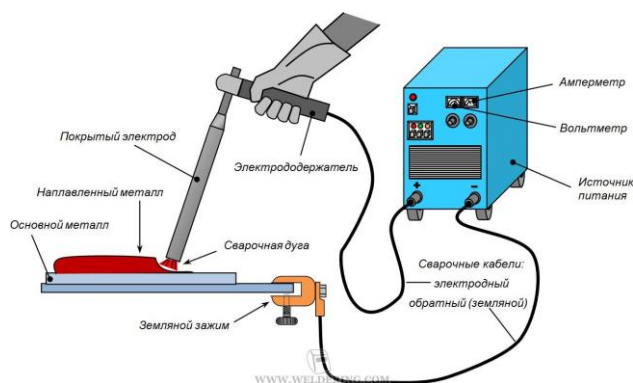


Рисунок 21 – Схема выполнения ручной дуговой сварки

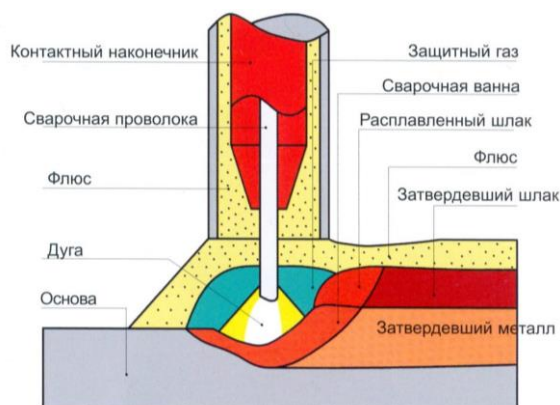


Рисунок 22 – Схема выполнения сварки под флюсом

На рисунке 24 представлена схема выполнения сварки самозащитной порошковой проволокой, применение которой позволяет отказаться от использования газового оборудования. Это существенно повышает мобильность сварщика, так как нет необходимости использовать газовые шланги, баллоны и оборудование для подготовки газа. Сварка самозащитной проволокой сочетает в себе положительные качества ручной дуговой сварки и сварки проволокой сплошного сечения в защитных газах [20], [25].

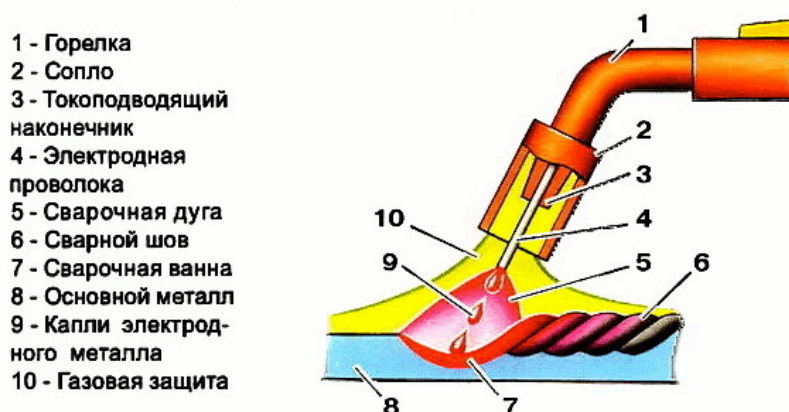


Рисунок 23 – Схема выполнения механизированной сварки в защитных газах проволокой сплошного сечения

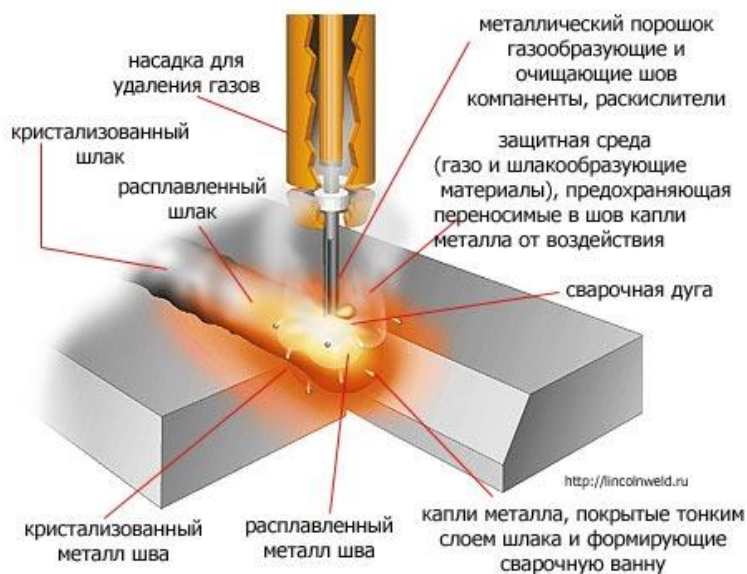


Рисунок 24 – Схема выполнения сварки самозащитной порошковой проволокой

Преимущества и недостатки каждого рассмотренного способа сварки позволяют выставить экспертную оценку каждого способа с использованием критериев, предложенных в работах [5], [17]. Критериями для обоснования выбора способа сварки являются:

- «мобильность способа,
- качество сварного шва,
- условия труда сварщика,
- стоимость оборудования,
- стоимость сварочных материалов,
- производительность сварочных работ» [5], [17].

В таблице 3 представлены исходные данные и выставленные экспертные оценки по принятым критериям.

Таблица 3 – Обоснование выбора способа сварки

Показатель	Способ сварки			
	Ручная дуговая	Под флюсом	В защитном газе	Порошковой самозащитной проволокой
«Мобильность способа	4	1	2	3
Качество сварного шва	1	4	3	2
Условия труда	1	3	4	2
Стоимость оборудования	4	1	2	3
Стоимость сварочных материалов	2	3	4	1
Производительность» [17]	1	4	2	3
ВСЕГО	13	16	17	13

Анализ альтернативных способов сварки и выставленные экспертные оценки позволяют обоснованно утверждать, что для построения проектной технологии ремонтной сварки трубопровода наиболее рациональным является применение механизированной сварки проволокой сплошного сечения в защитных газах.

Дальнейшие работы следует вести в направлении повышения эффективности этого способа применительно к рассматриваемому случаю.

2.2 Повышение эффективности выбранного способа сварки

В настоящее время значительные успехи достигнуты в области повышения эффективности сварки в защитных газах за счёт применения импульсного управления сварочной дугой. В работах [3], [10], [11] 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.

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 25 представлены различные типы дуги, которые могут наблюдаться при сварке в защитных газах в зависимости от параметров режима сварки. Тип дуги оказывает значительное влияние на характер плавления переноса электродного металла, частоту следования капель и их размер.

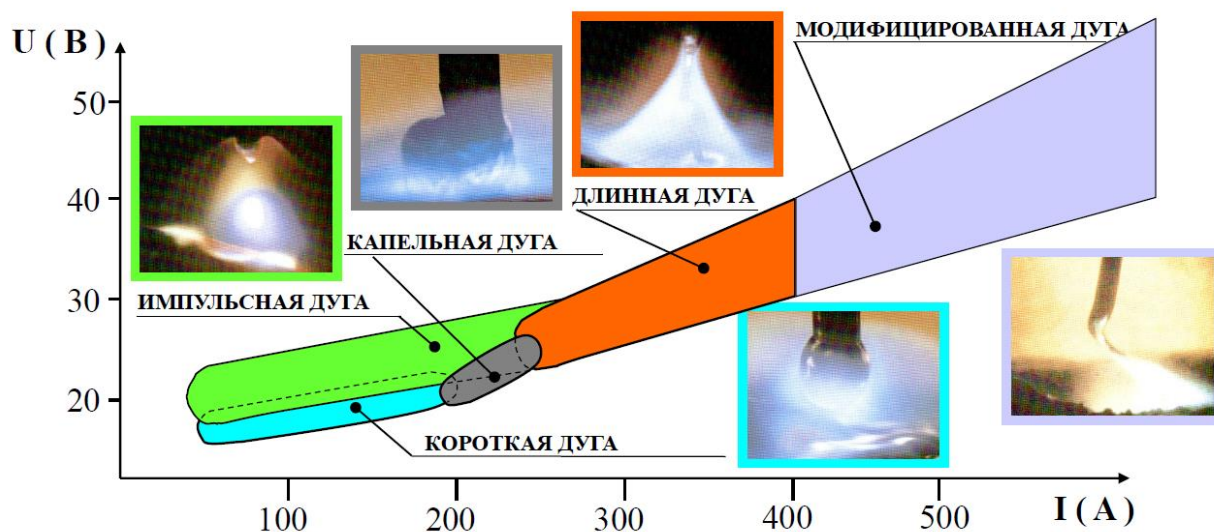


Рисунок 25 – Типы дуги при сварке плавящимся электродом в защитных газах

Применение в сварочных источниках питания быстродействующих транзисторов позволяет проводить управление сварочной дугой в оптимальном режиме, который обеспечивает как пространственную устойчивость дуги, так и снижение разбрызгивания при сварке.

На рисунке 26 представлен принцип действия импульсной дуги, сварка с использованием которой позволяет обеспечить:

- существенное уменьшение потерь металла на угар и разбрызгивание, кроме того, устранение разбрызгивания позволяет существенно улучшить качество сварки, улучшить внешний вид изделий и повысить производительность;
- повышение при сварке в различных положениях стабильности горения дуги и качества выполнения сварных швов;
- существенное повышение качества сварных швов в узкую разделку и при выполнении корневого слоя шва, улучшение проплавляющей способности дуги;
- благоприятный характер протекания металлургических процессов при кристаллизации сварного шва, что повышает эксплуатационные свойства сварных соединений.

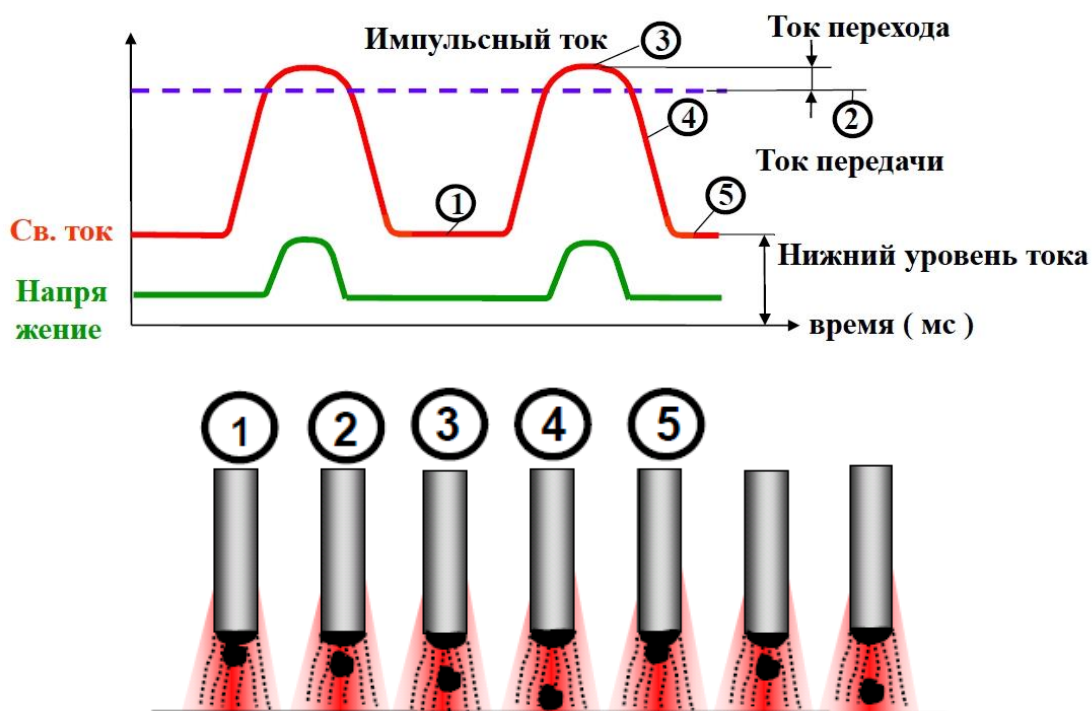


Рисунок 26 – Принцип импульсной сварки

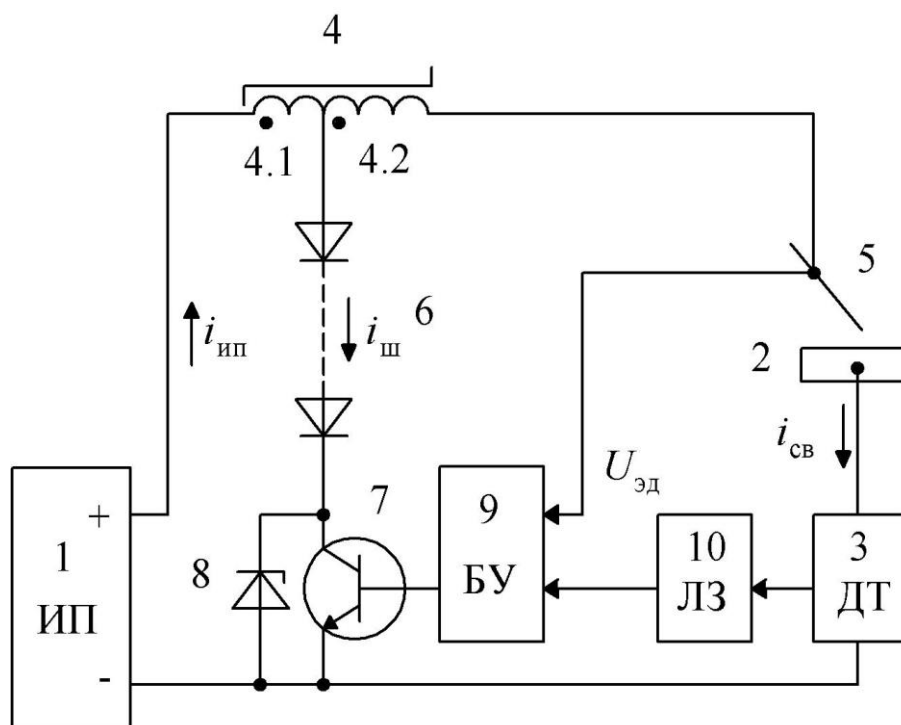
Кроме того, проведённые исследования по выбору защитного газа [18], [19], [26], [27] позволили установить, что при добавке аргона в защитную газовую смесь происходит повышение стабильности горения сварочной дуги и наблюдается существенное улучшение внешнего вида сварного шва. Устраняется бугристость и снижается высота усиления. Также уменьшается количество пор за счёт снижения содержания водорода в металле сварного шва. Также за счёт повышения жидкотекучести расплавленного металла упрощается формирование плавного перехода от металла сварного шва к основному металлу. Указанные положительные эффекты наблюдаются при добавке аргона в углекислый газ в количестве 5...10 %. Исходя из этого, для сварки в проектной технологии предлагается применять газовую смесь в составе 90% CO₂ + 10% Ar.

Дальнейшие изыскания предлагается вести в области построения системы импульсного управления сварочной дугой, которая позволит повысить технологические свойства стандартного источника питания.

2.3 Описание предлагаемого способа сварки

На основании проведённого анализа источников научно-технической информации по вопросу повышения эффективности сварки в защитных газах предлагается использовать разработку отечественных исследователей-сварщиков [3].

На рисунке 27 представлена функциональная схема предлагаемого способа сварки. В качестве источника питания, который обозначен на схеме позицией 1, предлагается использовать стандартный выпрямитель ВДГ-303, который имеет жёсткую внешнюю вольтамперную характеристику. Сварку ведут на постоянном токе обратной полярности, т.е. отрицательный полюс источника питания подсоединён к изделию, которое обозначено на схеме позицией 2. В качестве датчика тока, который обозначен на схеме позицией 3, предлагается использовать бесконтактный датчик Холла CSLA1DJ (производства Honeywell).



«1 - источник питания (ИП); 2 - свариваемое изделие; 3 - датчик тока (ДТ); 4 - дроссель; 5 - сварочный электрод (проволока); 6 - блок диодов; 7 - транзистор; 8 - стабилитрон; 9 - блок управления (БУ); 10 - линия задержки (ЛЗ)» [3]

Рисунок 27 – Функциональная схема предлагаемого способа сварки

Блок управления, который обозначен на схеме позицией 9, выполнен на базе полупроводниковых компараторов напряжения K554СА3 (LM311) и усилителя мощности IR2110. Блок управления 9 соединён с базой транзистора 7, параллельно которому подключен стабилитрон 8. Линия задержки, которая обозначена на схеме позицией 10, собрана на базе одновибратора CD4047. Дроссель, который обозначен на схеме позицией 4, имеет насыщающийся магнитопровод и секционированную обмотку, секции которой на схеме обозначены позициями 4.1 и 4.2. Подача тока на сварочный электрод, который обозначен на схеме позицией 5, происходит через блок управления 9 и обмотки дросселя 4. В схему включены последовательно установленные диоды, которые обозначены позицией 6.

На осциллограммах процесса сварки с импульсным управлением, представленных на рисунке 28, можно выделить несколько характерных точек: $t1$ – конец паузы, протекает ток дежурной дуги, капля занимает соосное положение с электродом; $t2$ – момент начала включения тока импульса; $t3$ – перенос капли электродного металла, этот момент также фиксируется по всплеску напряжения на дуге; $t4$ – окончание протекания тока импульса, и завершено расплавление следующей капли, из-за большого давления дуги капля отжимается, и находится на боковой поверхности электрода; $t5$ – протекает ток дежурной дуги, и капля занимает соосное положение с электродом» [3].

В качестве сварочной проволоки предлагается применить проволоку L-56 диаметром 1,14 мм. Параметры режима сварки в зависимости от выполняемого слоя шва представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Параметры режима сварки

Номер слоя	Ток сварки	Напряжение	Скорость сварки	Вылет эл-да	Расход газа
1	200...250 А	19...23 В	40...55 м/ч	9...12 мм	7...8 л/мин
2	180...220 А	18...21 В	35...50 м/ч	9...12 мм	7...8 л/мин
3	160...200 А	18...20 В	30...50 м/ч	8...12 мм	6...7 л/мин
4	130...170 А	18...20 В	30...50 м/ч	8...12 мм	6...7 л/мин
последующие	110...140 А	18...20 В	25...45 м/ч	8...12 мм	6...7 л/мин

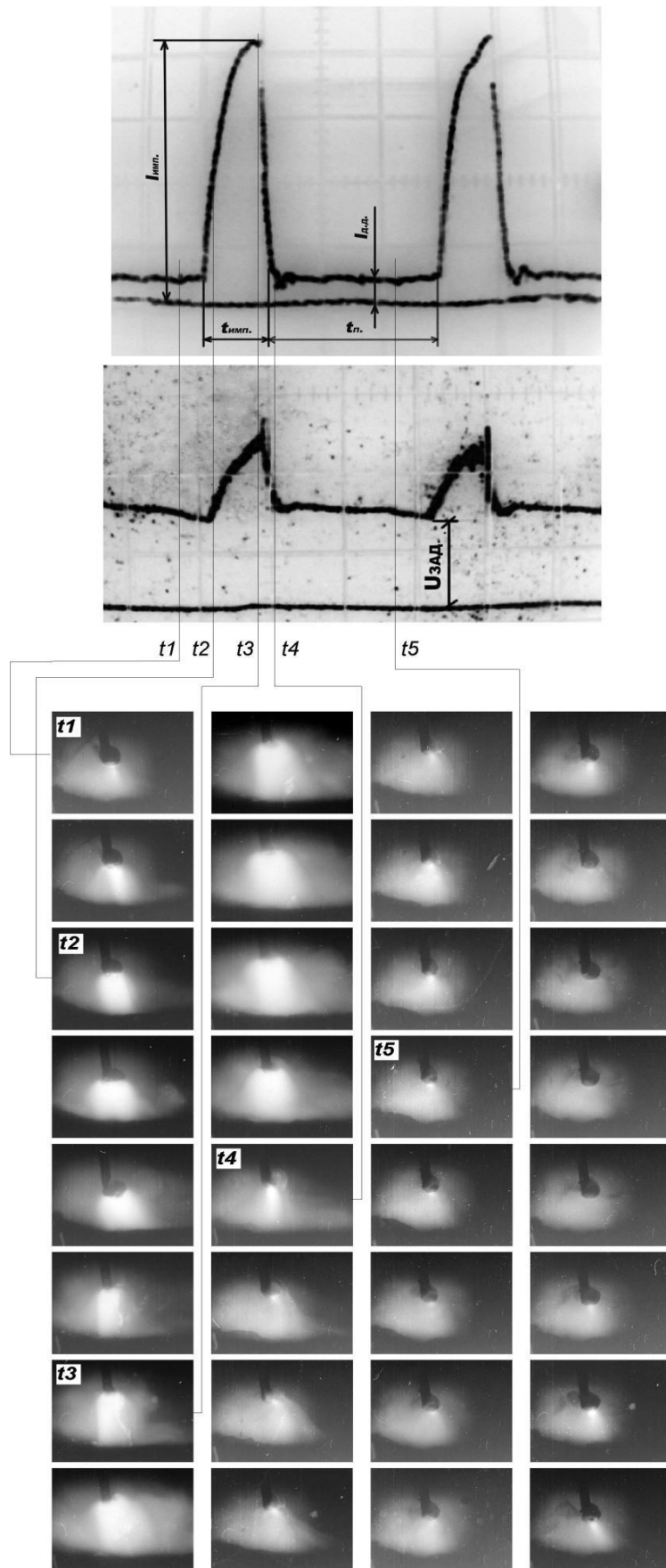


Рисунок 28 – Совмещение осциллограмм сварки с кинокадрами процесса при импульсном управлении дугой [3]

Дальнейшее выполнение выпускной квалификационной работы предусматривает разработку оценочного блока [8] в котором предстоит оценить экологичность предложенных в работе решений и дать оценку на предмет обеспечения безопасности труда. Следует составить перечень опасных и вредных производственных факторов, предложить мероприятия и технические средства для их уменьшения или устранения, дать рекомендации по снижению экологических рисков [2], [4].

Также при выполнении оценочного блока предстоит оценить возможный экономический эффект при внедрении предлагаемых решений в производство. Для этого следует рассчитать себестоимость производства при использовании базовой и проектной технологии, рассчитать и сравнить экономические показатели и сделать вывод об экономической эффективности предлагаемых в выпускной квалификационной работе решений [12], [13].

3 Обеспечение безопасности и экологичности предлагаемых технических решений

3.1 Конструктивно-технологическая характеристика рассматриваемого объекта

В ходе выполнения настоящей выпускной квалификационной работы решались вопросы, связанные с повышением эффективности сварочных технологии при исправлении дефектов коррозионного происхождения на магистральных трубопроводах.

Выполненный анализ состояния вопроса позволил обосновать выбор способа сварки, в качестве которого для построения проектной технологии предлагается применить сварку в защитных газах проволокой сплошного сечения с импульсным управлением горением сварочной дугой.

Проектная технология укрупнённо может быть представлена как набор из пяти операций. На первой операции технологического процесса выполняют зачистку дефектного места. Для этого применяется машинка радиальная шлифовальная. На второй операции технологического процесса проводят предварительный подогрев места ремонтной сварки. Для этого применяется набор газовых горелок и система подготовки газовой смеси. На третьей операции технологического процесса выполняется заварка дефекта. Для этого применяется сварочный выпрямитель, формирователь импульсов, механизм подачи сварочной проволоки и система подготовки защитного газа. На четвёртой операции технологического процесса выполняется механическая обработка места ремонтной сварки. Для этого применяется машинка угловая шлифовальная. На пятой операции технологического процесса происходит контроль качества. Для этого применяется набор для проведения визуально-измерительного контроля и ультразвуковой дефектоскоп. Особенности выполнения операций и применяемого технологического оборудования представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Технологический паспорт технического объекта

Наименование технологической операции в соответствии с проектным процессом	Привлекаемый для выполнения операции персонал	Перечень применяемого на операции технологического оборудования	Применяемые материалы и вещества
1. «Зачистка дефектного участка	слесарь-сборщик	машинка радиальная шлифовальная	круг абразивный
2. Предварительный подогрев	термист	резак газопламенный	смесь пропан-бутановая
3. Заварка дефекта	электросварщик на автоматических и полуавтоматических машинах	- выпрямитель сварочный ВД-306Ш, - машинка радиальная шлифовальная	сварочные электроды
4. Механическая обработка	слесарь-сборщик	машинка радиальная шлифовальная	круг абразивный
5. Контроль качества» [11]	дефектоскопист по магнитному и ультразвуковому контролю	ультразвуковой дефектоскоп Olympus NDT EPOCH 1000i	масло

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

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

3.2 Идентификация профессиональных и производственных рисков

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

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

Таблица 6 – Выявление и анализ источников возникновения производственных рисков

Наименование технологической операции в соответствии с проектным процессом	Формулировка вредного или опасного фактора, который возникает в процессе выполнения данной операции технологического процесса
1. Зачистка дефектного участка	<ul style="list-style-type: none"> - 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
2. Предварительный подогрев	<ul style="list-style-type: none"> - повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны; - повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека; - опасные и вредные производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой или низкой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги
3. Заварка дефекта	<ul style="list-style-type: none"> - повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны; - повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека; - опасные и вредные производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой или низкой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги - инфракрасное излучение; - ультрафиолетовое излучение
4. Механическая обработка	<ul style="list-style-type: none"> - 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
5. Контроль качества	<ul style="list-style-type: none"> - ультразвуковое излучение в рабочей зоне сверх значений безопасных для здоровья; - острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования

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.

Источником возникновения негативных производственных факторов является применяемое на участке технологическое оборудование: шлифовальная машина, набор для проведения предварительного подогрева, источник питания сварочной дуги, устройство формирования сварочных импульсов, механизм подачи сварочной проволоки, механизм подготовки смечи защитного газа, оборудование для проведения контроля качества сварки.

Решение по выбору эффективных средств устранения выявленных опасных и вредных производственных факторов должно основываться на основании ранее представленных в таблице 6 данных.

При этом следует учитывать не только опасное воздействие на персонал негативных факторов, но и их кумулятивный эффект при длительном воздействии.

Дальнейшие работы в этом направлении 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

Ранее выполненная идентификация профессиональных рисков, представленная в таблице 6, позволяет выработать решения по обеспечению безопасности производственного процесса, которые представлены в таблице 7.

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

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

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

3.4 Пожарная безопасность рассматриваемого технологического объекта

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

Таблица 8 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

Наименование участка	Участок, на котором осуществляется сборка и сварка
Наименование оборудования	шлифовальная машина, набор для проведения предварительного подогрева, источник питания сварочной дуги, устройство формирования сварочных импульсов, механизм подачи сварочной проволоки, механизм подготовки смечи защитного газа, оборудование для проведения контроля качества сварки.
Классификация по виду горящего вещества	«Пожары, которые происходят за счет воспламенения и горения веществ и материалов на электроустановках, запитанных электрическим напряжением (Е)» [4]
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» [4]
Наименование вторичных опасных факторов пожара	«Короткие замыкания на оборудовании, запитанным высоким электрическим напряжением; действие на людей, находящихся в районе возгорания продуктов разложения составов, используемых для пожаротушения» [4]

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

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.

Вследствие наличия негативных факторов при возникновении пожара возможно появление вторичных хлопков, локального задымления, промышленные здания могут приобретать 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 9 приведены технические средства по устранению факторов пожара.

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

«Первичные средства пожаротушения	Емкость с песком, переносные углекислотные огнетушители.
Мобильные средства пожаротушения	Специализированные расчеты (вызываются)
Стационарные установки системы пожаротушения	Нет необходимости
Средства пожарной автоматики	Установки пожарной сигнализации, пожарного оповещения
Пожарное оборудование	Не применяется
Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре	План эвакуации
Пожарный инструмент (механизированный и немеханизированный)	Ведро конусное, лом, лопата штыковая» [4]
Пожарные сигнализация, связь и оповещение	Кнопка оповещения, звуковые оповещатели, речевые оповещатели, световые оповещатели

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

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 разработке настоящей выпускной квалификационной работы следует принимать во внимание, что реализация предлагаемых технических решений приводит к возникновению негативного антропогенного действия на окружающую среду. Следование мировой экологической повестки заставляет современное предприятие проводить мероприятия по обеспечению экологической безопасности производственных процессов. При этом следует обеспечить защиты основных элементов нашего ареала обитания: атмосферы, гидросферы и литосферы.

В таблице 10 приведены негативные воздействия на окружающую среду, которые возникают при выполнении операций проектного технологического процесса.

На основании анализа данных в таблице 10 могут быть предложены технические средства и организационные мероприятия, применение которых позволит устранить влияние на окружающую среду негативного антропогенного фактора или уменьшить его влияние до приемлемого уровня. Предлагаемые средства для этого представлены в таблице 11 и включают в себя набор стандартных методик и технических средств.

Таблица 10 – Идентификация негативных экологических факторов

Операция	атмосфера	гидросфера	литосфера
1. Зачистка дефектного участка	-	-	частицы упаковки, бытовой мусор
2. Предварительный подогрев	вредные испарения	масло	частицы упаковки, бытовой мусор
3. Заварка дефекта	вредные испарения	масло	отходы шлака, частицы упаковки, бытовой мусор
4. Механическая обработка	вредные испарения	масло	частицы упаковки, бытовой мусор
5. Контроль качества	вредные испарения	масло	частицы упаковки, бытовой мусор

Таблица 11 – Предложенные мероприятия по уменьшению антропогенного действия на окружающую среду при реализации проектной технологии

Наименование технического объекта	Производственный участок сборки и сварки с установленным на нём технологическим оборудованием
За счёт чего снижается антропогенное действие на атмосферу	«Применение специальных фильтров, устанавливаемых в вентиляционную систему цеха, которые позволяют собирать и утилизировать выделяющиеся при работе технологического оборудования вредные вещества
За счёт чего снижается антропогенное действие на гидросферу	Контролировать утечки машинного масла из гидравлической системы технологического оборудования, в случае возникновения таких утечек их следует незамедлительно устранять
За счёт чего снижается антропогенное действие на литосферу	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 технологий при выполнении ремонтной заварки коррозионных дефектов на магистральных трубопроводах.

Выполненный анализ состояния вопроса позволил обосновать выбор способа сварки, в качестве которого для построения проектной технологии предлагается применить сварку в защитных газах проволокой сплошного сечения с импульсным управлением горением сварочной дугой. На первой операции технологического процесса выполняют зачистку дефектного места. Для этого применяется машинка радиальная шлифовальная. На второй операции технологического процесса проводят предварительный подогрев места ремонтной сварки. Для этого применяется набор газовых горелок и система подготовки газовой смеси. На третьей операции технологического процесса выполняется заварка дефекта. Для этого применяется сварочный выпрямитель, формирователь импульсов, механизм подачи сварочной проволоки и система подготовки защитного газа. На четвёртой операции технологического процесса выполняется механическая обработка места ремонтной сварки. Для этого применяется машинка угловая шлифовальная. На пятой операции технологического процесса происходит контроль качества. Для этого применяется набор для проведения визуально-измерительного контроля и ультразвуковой дефектоскоп. В таблице 12 представлены исходные данные для проведения экономических расчётов по рассматриваемым вариантам технологии сборки и сварки с учётом рыночной стоимости используемого оборудования и вспомогательных затрат.

Таблица 12 – 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	-	IV	IV
Часовая тарифная ставка	$Cч$	Р/час	150	150
Коэффициент доплат	$K_{доп}$	%	12	12
Коэффициент отчислений на дополнительную ЗП	K_d	-	1,88	1,88
Коэффициент отчислений на социальные нужды	$K_{сн}$	%	34	34
Коэффициент выполнения нормы	$K_{вн}$	-	1,1	1,1
Стоимость оборудования	$Ц_{об}$	руб.	80 тыс.	250 тыс.
Норма амортизации оборудования	K_a	%	21,5	21,5
Мощность оборудования	$M_{уст}$	кВт	8	10
Коэффициент транспортно-заготовительных расходов	$K_{т-з}$	%	5	5
Стоимость электрической энергии	$Ц_{э-э}$	Р/ кВт	3,02	3,02
Коэффициент полезного действия	$K_{пд}$	-	0,85	0,85
Коэффициент затрат на монтаж и демонтаж оборудования	$K_{мон}$ $K_{дем}$	%	3	5
Площадь под оборудование	S	m^2	20	20
Стоимость эксплуатации площадей	$C_{эксп}$	(Р/ m^2)/год	2000	2000
Цена производственных площадей	$Ц_{пл}$	Р/ m^2	30000	30000
Норма амортизации площади	$На.пл.$	%	5	5
Коэффициент дополнительной производственной площади	$K_{пл}$	-	3	3
Коэффициент эффективности капитальных вложений	E_n	-	0,33	0,33
Коэффициент цеховых расходов	$K_{цех}$	-	1,5	1,5
Коэффициент заводских расходов» [12]	$K_{зав}$	-	1,15	1,15

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

4.2 Оценка фонда времени работы оборудования

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $t_{шт.баз} = 6,6 \cdot (100\% + 50\% + 10\% + 10\% + 5\%) = 8$ чов и $t_{шт.проектн.} = 2,5 \cdot (100\% + 50\% + 10\% + 10\% + 5\%) = 3$ часа.

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

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $\Pi_{г.баз.} = 2054/8 = 256$ исправленных дефектов для базового технологического процесса и $\Pi_{г.пр.} = 2054/3 = 668$ исправленных дефектов для проектного технологического процесса. На основании анализа потребности отрасли в рассматриваемом оборудовании принимаем размер годовой программы для проектного варианта технологии и базового варианта технологии $\Pi_{г} = 200$ исправленных дефектов 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 $K_{вн} = 1,03$. Выполняем расчёт:

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $n_{расч} = 8 \cdot 200 / (2054 \cdot 1,03) = 0,76$ для базового варианта технологического процесса; $n_{расч} = 3 \cdot 200 / (2054 \cdot 1,03) = 0,28$ 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 $K_з$ для базового и проектного вариантов технологии:

$$K_з = n_{расч} / n. \quad (6)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $K_з = 0,76/1 = 0,76$ для базового варианта технологического процесса и $K_з = 0,28/1 = 0,28$ для проектного варианта технологического процесса.

Значение величины коэффициента загрузки оборудования $K_з$ для проектного и базового вариантов технологического процесса в дальнейшем понадобятся для расчёта капитальных затрат на построение технологии.

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

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

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

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $M=400 \cdot 5 \cdot 1,05 = 2100$ рублей для операций базового технологического процесса; для операций проектного технологического процесса: $M= (200 \cdot 4 + 7,5 \cdot 300) \cdot 1,05 = 3203$ рублей.

Применение предлагаемых в настоящей выпускной квалификационной работе технических решений и организационных мероприятий приводит к повышению расходов на сварочные материалы. Это объясняется тем, что базовая технология предусматривает применение ручной дуговой сварки, в качестве материалов которой выступают штучные электроды. Проектная технология сварки предусматривает применение более прогрессивной процесса – механизированной сварки в защитных газах. В качестве сварочных материалов в этом случае выступает сварочная проволока и защитный газ.

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

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $Z_{осн} = 8 \cdot 150 \cdot 1,88 = 2256$ рублей для базового

варианта технологического процесса и $Z_{осн} = 3 \cdot 150 \cdot 1,88 = 846$ 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: $Z_{доп} = 2256 \cdot 12 / 100 = 271$ рублей для операций базового технологического процесса и $Z_{доп} = 846 \cdot 12 / 100 = 102$ 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: $ФЗП = 2256 + 271 = 2527$ рублей для операций базового технологического процесса и $ФЗП = 846 + 102 = 948$ 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: $O_{сн} = 2527 \cdot 34 / 100 = 859$ рублей для операций базового технологического процесса и $O_{сн} = 948 \cdot 34 / 100 = 322$ рублей для операций проектного технологического процесса.

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

$$Z_{об} = A_{об} + P_э. \quad (11)$$

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

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $A_{об.} = 80000 \cdot 21,5 \cdot 8 / 2054 / 100 = 67$ рублей по базовому варианту технологии, по проектному варианту технологии: $A_{об.} = 250000 \cdot 21,5 \cdot 3 / 2054 / 100 = 79$ рублей.

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

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $P_{э} = 8 \cdot 8 \cdot 3,02 / 0,7 = 276$ рублей для базового варианта технологического процесса, $P_{э} = 10 \cdot 3 \cdot 3,02 / 0,85 = 107$ рублей для проектного технологического процесса.

После подстановки рассчитанных выше значений в формулу (11) вычисляем затраты на оборудование: $Z_{об} = 67 + 276 = 343$ рублей по базовому технологическому процессу и $Z_{об} = 79 + 107 = 186$ рублей по проектному технологическому процессу.

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

$$C_{\text{тех}} = M + \PhiЗП + O_{\text{сс}} + З_{\text{об}} . \quad (14)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $C_{\text{тех}} = 2100 + 2527 + 859 + 343 = 5829$ рублей для базового варианта технологического процесса, и для проектного технологического процесса $C_{\text{тех}} = 3203 + 948 + 322 + 186 = 4659$ рублей.

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

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $C_{\text{цех}} = 5829 + 1,5 \cdot 2256 = 5829 + 3384 = 9213$ рублей для базового технологического процесса и для проектного технологического процесса $C_{\text{цех}} = 4659 + 1,5 \cdot 846 = 4659 + 1269 = 5928$ рублей.

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

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $C_{\text{зав}} = 9213 + 1,15 \cdot 2256 = 9213 + 2594 = 11807$ рублей для базового варианта технологии, и для проектного технологического процесса $C_{\text{зав}} = 5928 + 1,15 \cdot 846 = 5928 + 972 = 6900$ рублей.

В таблице 13 представлена калькуляция заводской стоимости выполнения операций по базовому варианту технологического процесса и проектному варианту технологического процесса.

Данные, представленные в таблице 13, позволяют судить о высокой эффективности проектной технологии, которая позволяет уменьшить заводскую себестоимость относительно базовой технологии. Применение прогрессивных процессов позволяет снизить себестоимость за счёт повышения производительности и качества выполняемых работ.

Таблица 13 – Исходные данные и расчёт заводской стоимости

Показатель	Условное обозначение	Калькуляция, руб.	
		Базовый вариант	Проектный вариант
1. «Затраты на материалы	<i>M</i>	2100	3203
2. Фонд заработной платы	<i>ФЗП</i>	2527	948
3. Отчисления на соц. нужды	<i>Осн</i>	859	322
4. Затраты на оборудование	<i>Зоб</i>	343	186
5. Технологическая себестоимость	<i>Стех</i>	5829	4659
6. Цеховые расходы	<i>Рцех</i>	3384	1269
7. Цеховая себестоимость	<i>Сцех</i>	9213	5928
8. Заводские расходы	<i>Рзав</i>	2594	972
9. Заводская себестоимость» [12]	<i>Сзав</i>	11807	6900

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

4.5 Капитальные затраты при реализации проектного и базового вариантов технологии

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

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 $C_{\text{об.б.}} = 80000 - (80000 \cdot 3 \cdot 21,5 / 100) = 28400$ 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 $K_{\text{общ. б.}} = 1 \cdot 28400 \cdot 0,76 = 21584$ 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 $K_{\text{об. пр.}} = 250000 \cdot 1,05 \cdot 0,28 = 73500$ 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 $P_{\text{дем}} = 1 \cdot 80000 \cdot 0,05 = 4000$ 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 $P_{\text{монт}} = 250000 \cdot 0,05 = 12500$ 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 $P_{\text{соп}} = 4000 + 12500 = 16500$ рублей.

Далее с использованием подставленных в формулу (19) значений получили общие капитальные затраты $K_{\text{общ. пр.}} = 73500 + 16500 = 90000$ 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 $K_{\text{доп}} = 90000 - 73500 = 16500$ 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 $K_{\text{уд}} = 73500/200 = 368$ рублей за исправленный дефект по базовой технологии и $K_{\text{уд}} = 90000/200 = 450$ рублей за исправленный дефект по проектной технологии.

Применение более сложного оборудования при реализации проектной технологии по сравнению с базовой технологией заставляет считаться с капитальными затратами, эффективность которых будет оценена далее.

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 $\Delta t_{шт} = (8-3) \cdot 100 \% / 8 = 63 \%$.

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 $\Pi_T = 100 \cdot 63 / (100 - 63) = 233 \%$.

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 $\Delta C_{тех} = (5829 - 4659) \cdot 100\% / 5829 = 20 \%$.

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 $\Pi_{ож} = (11807 - 6900) \cdot 200 = 981400$ 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 $T_{ок} = 90000 / 981400 = 0,1$ 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 $\Delta\Gamma = 981400 - 0,33 \cdot 90000 = 951700$ руб.

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

При введении предлагаемых изменений наблюдается расширение технологических возможностей оборудования, которое проявляется в повышении качества выпускаемой продукции, производительности труда и снижении расходов на материалы. Таким образом, внедрение в производство результатов настоящей выпускной квалификационной работы позволяет получить положительный экономический эффект.

Проведенные экономические расчёты позволяют судить о высокой эффективности предлагаемых в настоящей выпускной квалификационной работе решений. Производительность труда повышается на 233 %. Уменьшение технологической себестоимости составило 20 %. При этом за счёт повышения производительности труда и снижения издержек удалось получить годовой экономический эффект в размере 0,95 млн. рублей. Средства, затраченные на внедрение предлагаемых в настоящей выпускной квалификационной работе решений, будут окуплены за 0,1 года.

Вышеизложенное позволяет судить о высокой эффективности настоящей выпускной квалификационной работы.

Заключение

Настоящая выпускная квалификационная работа посвящена решению вопроса повышения эффективности сварочных технологий при выполнении ремонтной заварки коррозионных дефектов на магистральных трубопроводах.

Выполненный анализ состояния вопроса позволил обосновать выбор способа сварки, в качестве которого для построения проектной технологии предлагается применить сварку в защитных газах проволокой сплошного сечения с импульсным управлением горением сварочной дугой. Повышение эффективности способа сварки достигнуто за счёт применения разработок, предложенных отечественными исследователями-сварщиками [3].

На первой операции технологического процесса выполняют зачистку дефектного места. Для этого применяется машинка радиальная шлифовальная. На второй операции технологического процесса проводят предварительный подогрев места ремонтной сварки. Для этого применяется набор газовых горелок и система подготовки газовой смеси. На третьей операции технологического процесса выполняется заварка дефекта. Для этого применяется сварочный выпрямитель, формирователь импульсов, механизм подачи сварочной проволоки и система подготовки защитного газа. На четвёртой операции технологического процесса выполняется механическая обработка места ремонтной сварки. Для этого применяется машинка угловая шлифовальная. На пятой операции технологического процесса происходит контроль качества. Для этого применяется набор для проведения визуально-измерительного контроля и ультразвуковой дефектоскоп.

При анализе опасных и вредных производственных факторов, которые сопровождают выполнение операций проектного технологического процесса,

идентифицированы негативные производственные факторы, предложены технические средства и организационные мероприятия по защите от них.

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

Проведенные экономические расчёты позволяют судить о высокой эффективности предлагаемых в настоящей выпускной квалификационной работе решениях. Производительность труда повышается на 233 %. Уменьшение технологической себестоимости составило 20 %. При этом за счёт повышения производительности труда и снижения издержек удалось получить годовой экономический эффект в размере 0,95 млн. рублей. Средства, затраченные на внедрение предлагаемых в настоящей выпускной квалификационной работе решений, будут окуплены за 0,1 года.

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

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

Результаты настоящей выпускной квалификационной работы рекомендуются к внедрению на предприятиях, которые выполняют строительство и ремонт магистральных трубопроводов.

Список используемой литературы и используемых источников

1. Белинский С. М., Гарбуль А. Ф., Гусаковский В. Г. Оборудование для дуговой сварки: справ. пособие. Л. : Энергоатомиздат, 1986. 656 с.
2. Белов С. В. Охрана окружающей среды. М. : Машиностроение, 1990. 372с.
3. Верёвкин А.А. Повышение эффективности сварки в CO₂ неповоротных стыков магистральных трубопроводов за счет применения импульсного питания сварочной дуги : диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук. Барнаул : Томский политехнический университет. 2010.
4. Горина Л. Н. Обеспечение безопасных условий труда на производстве: учебное пособие. Тольятти : ТолПИИ, 2000. 68 с.
5. Занковец П. В., Шелег В. К. Математическое моделирование и автоматизация технологической подготовки производства сварных конструкций // Наука и техника. 2017. № 1. С. 5–15.
6. Ивакин А. В., Макаров Г. И. Нефтепровод «Восточная Сибирь – Тихий океан» (ВСТО) – уникальный объект трубопроводного транспорта нефти // Территория Нефтегаз. 2007. № 5. С. 52–56.
7. Калайдов А. Н., Хорчоева Н. Г. Анализ статистики и прогнозирование аварий на магистральных нефтепроводах // Технология техносферной безопасности. 2017. № 4. С. 49–53.
8. Климов А. С. Выпускная квалификационная работа бакалавра: учебно-метод. пособие по выполнению выпускной квалификационной работы бакалавра. Тольятти : ТГУ, 2021. 62 с.
9. Корчемкин А. Е. Современное состояние сварки магистральных трубопроводов // Записки горного института. 2004. № 7. С. 175–177.
10. 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.

11. Крампит А. Г. Разработка и исследование процесса сварки в CO_2 в щелевую разделку при импульсном питании : диссертация на соискание учёной степени доктора технических наук, Юрга: Томский политехнический университет. 2003.

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

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

14. Лисанов М. В., Савина А. В., Дегтярев Д. В., Самусева Е. А. Анализ российских и зарубежных данных по аварийности на объектах трубопроводного транспорта // Безопасность труда в промышленности. 2010. № 7. С. 16–22.

15. Лисин, Ю.В. Совершенствование методов подготовки и проведения капитального ремонта магистральных нефтепроводов: диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук. Москва: АК «Транснефть». 1999.

16. Молодцов, Г.И. Разработка взрывных технологий для обслуживания и ремонта трубопроводов: Диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук. Уфа: Институт проблем транспорта энергоресурсов. 2001.

17. Павлова И. А., Павлов А. С. Технико-экономический анализ при внедрении инновации на производственном предприятии // Экономический анализ: теория и практика. 2014. № 40. С. 14–21.

18. Потапьевский А.Г. Сварка в защитных газах плавящимся электродом. Часть 1. Сварка в активных газах. К.: ЭкоТехнолопя, 2007. 192 с.

19. Потапьевский А. Г., Сараев Ю. Н., Чинахов Д. А. Сварка сталей в защитных газах плавящимся электродом. Техника и технология будущего : монография. Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2012. 208 с.

20. Розерт Р. Применение порошковых проволок для сварки в промышленных условиях // Автоматическая сварка. 2014. № 6–7. С. 60–64.

21. Сварка в машиностроении: Справочник в 4-х т. / Ред. кол.: Г. А. Николаев (пред.) [и др.]. М. : Машиностроение, 1978. Том 2. / Под ред. А. И. Акулова, 1979. 462 с.

22. Смирнов И. В. Сварка специальных сталей и сплавов : учебное пособие. Тольятти : ТГУ, 2007. 301 с.

23. Столяров В. И. Свариваемость высокопрочных сталей для газопроводных труб большого диаметра // Проблемы чёрной металлургии и материаловедения. 2008. № 3. С. 39–47.

24. Сумской С. И., Пчельников А. В., Шанина Е. Л. Анализ риска аварий на магистральном трубопроводе, транспортирующем широкую фракцию легких углеводородов // Безопасность труда в промышленности. 2007. № 2. С. 48–52.

25. Шлепаков В. Н., Гаврилюк Ю. А., Котельчук А. С. Современное состояние разработки и применения порошковых проволок для сварки углеродистых и низколегированных сталей // Автоматическая сварка. 2010. № 3. С. 46–51.

26. Dixon K. Shielding gas selection for GMAW of steels // Welding and Metal Fabrication. 1999. № 5. P. 8–13.

27. Lucas W. Choosing a shielding gas. Pt 2 // Welding and Metal Fabrication. 1992. № 6. P. 269–276.