

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)

15.03.01 Машиностроение

(код и наименование направления подготовки, специальности)

«Оборудование и технология сварочного производства»

(наименование (профиля)/ специализации)

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему «Технология ремонта коррозионных дефектов магистрального
трубопровода диаметром 1420мм в полевых условиях»

Студент	А.С. Голощاپов	
	(И.О. Фамилия)	(личная подпись)
Руководитель	В.И. Столбов	
	(И.О. Фамилия)	(личная подпись)
Консультанты	Г.М. Короткова	
	(И.О. Фамилия)	(личная подпись)
	А.Н. Москалюк	
	(И.О. Фамилия)	(личная подпись)
	И.В. Краснопевцева	
	(И.О. Фамилия)	(личная подпись)
	В.Г. Виткалов	
	(И.О. Фамилия)	(личная подпись)

Допустить к защите

Заведующий кафедрой СОМДиРП,

д.т.н, профессор

(ученая степень, звание, И.О.Фамилия)

В.В. Ельцов

(личная подпись)

«_____» _____ 2018г.

Тольятти, 2018

Аннотация

Старение трубопроводов, в первую очередь магистральных, влияет на надежность их эксплуатации и нередко сопровождается ростом аварийности. При длительном сроке эксплуатации трубопроводов, а также под действием термических и механических нагрузок и влиянием окружающей среды могут происходить эрозионно-коррозионные процессы.

Важная роль при выполнении ремонтно-восстановительных работ и реконструкции объектов линейной части магистральных трубопроводов отводится дуговым способам сварки.

Цель представленной ВКР – повышение производительности и качества ремонтной сварки на магистральных трубопроводах.

В работе выполнялись следующие задачи: 1) обосновать замену способа сварки на основе современных достижений сварочной науки и техники; 2) обосновать выбор сварочных материалов и оборудования для осуществления сварки и предложить оптимальные параметры режима сварки; 3) составить проектную технологию сварки с применением предложенных ранее технических решений.

В выпускной квалификационной работе предложены технологические мероприятия по повышению эффективности ремонтной сварки магистральных трубопроводов. В проектом варианте технологии предложено произвести замену ручной дуговой сварки на полуавтоматическую сварку проволокой сплошного сечения в среде защитных газов с импульсным управлением сварочной дугой.

Проектный вариант сварки после своего внедрения в производство даст такие эффекты, как уменьшение трудоемкости на 58,3 %, увеличение производительности труда на 140 %. Величина годового экономического эффекта, полученная с учетом затрат на капитальные вложения в оборудование, составила более 4 млн рублей.

ВКР включает 63 страницы текста и 6 чертежей формата А1.

Содержание

ВВЕДЕНИЕ	5
1 СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА РЕМОНТНОЙ СВАРКИ МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ	
1.1 Описание объекта исследования	7
1.2 Описание и анализ свойств материала изделия	8
1.3 Статистика и анализ дефектов магистральных нефтепроводов	10
1.4 Операции базового технологического процесса ремонтной сварки	12
1.5 Постановка задач на проектирование	21
Раздел 2. ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕМОНТНОЙ СВАРКИ МАГИСТРАЛЬНОГО ТРУБОПРОВОДА	
2.1 Обоснование применяемого способа сварки	22
2.2 Улучшение показателей сварочного процесса	25
2.3 Описание операций технологического процесса ремонтной сварки трубопровода	30
Раздел 3 – ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОСТИ И ЭКОЛОГИЧНОСТИ РАЗРАБАТЫВАЕМОГО ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА	
3.1 Технологическая характеристика объекта	35
3.2 Персональные риски, сопровождающие внедрение проектной технологии в производство	36
3.3 Предлагаемые мероприятия по снижению профессиональных рисков в ходе внедрения в производство проектной технологии	37
3.4 Предлагаемые мероприятия по обеспечению пожарной безопасности разрабатываемого технологического объекта	38
3.5 Оценка экологической безопасности разрабатываемого технологического объекта	39
3.6 Заключение по экологическому разделу	40
Раздел 4 – ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ	

ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЕКТНОЙ ТЕХНОЛОГИИ	
4.1 Исходные данные для проведения экономического расчёта	41
4.2 Вычисление фонда времени работы оборудования	43
4.3 Расчёт времени, затрачиваемого для выполнения годовой программы, и коэффициента, учитывающего загрузку оборудования	44
4.4 Расчет заводской себестоимости базового и проектного вариантов технологии	46
4.5 Калькуляция заводской себестоимости сварки по базовому и проектному варианту технологии	50
4.6 Определение капитальных затрат по базовому и проектному вариантам технологии сварки	51
4.7 Расчёт показателей экономической эффективности проектного варианта технологии	54
4.8 Выводы по экономическому разделу	55
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	56
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ	57

ВВЕДЕНИЕ

Магистральные трубопроводы зарекомендовали себя как самый безопасный, надежный и экономичный способ транспортировки газа и нефти на большие расстояния. Однако необходимость поддерживать высокий уровень готовности к аварийным ситуациям по-прежнему остается приоритетной задачей, особенно исходя из социальных, экологических и экономических последствий, которые могут возникнуть в результате потери герметичности трубопровода высокого давления. Поскольку риск таких последствий потенциально появляется с момента создания давления в трубопроводе, готовность к аварийным ситуациям актуальна на протяжении всего срока эксплуатации трубопровода.

Важная роль при выполнении ремонтно-восстановительных работ и реконструкции объектов линейной части магистральных трубопроводов отводится дуговым способам сварки. После проведения технической диагностики и выявления дефектов возникает вопрос об их классификации, а затем и о способах ремонта объектов. Поэтому одной из первоочередных задач является обеспечение исполнителей сварочных работ на действующих трубопроводах ведомственной нормативно-технической документацией, разработанной с учетом передового опыта эксплуатации магистральных трубопроводов, достижений научно-технического прогресса в области создания новой техники и технологий, а также международных требований и стандартов.

Старение трубопроводов, в первую очередь магистральных, влияет на надежность их эксплуатации и нередко сопровождается ростом аварийности [1].

При длительном сроке эксплуатации трубопроводов, а также под действием термических и механических нагрузок и влиянием окружающей среды могут происходить эрозионно-коррозионные процессы. Как

отмечалось в работе [2], основной причиной отказов трубопроводов за 20 лет эксплуатации являются язвенная коррозия, составляющая 42,5 % общего числа всех зафиксированных случаев.

При существующих в настоящее время требованиях к запасу прочности в трубопроводах за пределами упругости работает только материал зон концентрации, основной же объем металла труб деформируется упруго.

Для возникновения разрушения в зоне дефекта пластичных трубных сталей требуется накопление соответствующего усталостного повреждения, т.е. наработка определенного количества циклов нагружения. Пренебрежение возможностью малоциклового разрушения сказывается не сразу и является одной из причин увеличения количества аварий, происходящих вследствие старении трубопроводов [3].

Ниже приведены результаты диагностирования технического состояния участка магистрального нефтепровода с помощью интеллектуального поршня фирмы «Rozen». Так, потери металла более 60 % толщины стенки трубы равны 0,9 %; 41...60 % — 5 %; 20...40 % — 45,5 %. Дефекты кольцевых швов составляют 10,8 %, поверхностных — 11 %, продольных — 7 %, спиральных 0,9 %, дефекты основного металла — 11,1 %, неклассифицированные — 7 %; аномальные виды дефектов — 0,8 %. Видно, что наибольшее количество дефектов приходится на потери (вынос) металла. В кольцевых сварных стыках выявлены недопустимые, согласно нормативным документам ВСН 006-89 и ВСН 012-88, дефекты, а также те, которые заложены во время строительства магистральных газопроводов (около 1 % всех выявленных дефектов). Обнаружено также множество поверхностных дефектов в сварных швах (12 %) и внутренних типа расслоения (11 %) в основном металле.

Данная ВКР посвящена разработке технологии ремонтной сварки на магистральных трубопроводах при заварке коррозионных дефектов.

Цель – повышение производительности и качества ремонтной сварки на магистральных трубопроводах.

1. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА РЕМОНТНОЙ СВАРКИ МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ

1.1 Описание объекта исследования

Для транспортировки нефти из Западно-Сибирских месторождений по территории Нижегородской и Кировской областей на нефтеобрабатывающие комплексы построен и успешно эксплуатируется магистральный нефтепровод «Сургут-Полоцк». Данный нефтепровод обслуживается линейно-эксплуатационной службой «Дубники» (ЛЭС), входящей в состав Марийского районного нефтепроводного управления.

Диаметр магистрального нефтепровода, составляет 1,42 метра, при этом транспортировка нефти осуществляется давлением 4,7-5,6 МПа.

Линейная скорость транспортировки смеси по трубе достигает 6-10 км/час.

Скорость движения нефти в трубопроводе составляет 5...9 км/час. Первым частью участка, который обслуживает эксплуатационная служба «Дубники» - 1677 км нефтепровода «Сургут-Полоцк» в деревне Куршаково (Мари-Турекский район).

Линейная часть магистрального трубопровода пролегает:

- через подводные переходы;
- через водные преграды с шириной зеркала <10 м и глубиной <1,5 м;
- через участки автомобильных дорог.

Магистральный трубопровод на данном участке выполнен с использованием труб из марки 17Г1С и марки 17Г1С-У с толщинами стенок от 1,2 см, 1,4 см, а также 1,6 см.

Данный участок нефтепровода оснащен шиберными задвижками, чтобы обеспечить перекрытие подачу нефти в случае аварии с нарушение целостности труб.

Рассматриваемый участок магистрального трубопровода пролегает преимущественно по равнинной местности через частично заселенную территорию. С точки зрения температурного режима работы трубопровода можно отметить, что местный климат является умеренно-континентальным, который характеризуется большой разницей летних и зимних температур воздуха. Локальная среднегодовая температура колеблется рядом со значением 2,9 °С

1.2 Описание и анализ свойств материала изделия

Трубы нефтепровода выполнены из стали 17Г1С-У (ГОСТ 20295-85) классом прочности труб **K52**.

Сталь 17Г1С нашла применение при изготовлении металлоконструкций, работающих под давлением в условиях действия температур от -45 до +470 °С. Также эта сталь применяется для изготовления элементов технологических трубопроводов, передающих пар и горячую воду с температурой среды не более 350 °С и рабочим давлением не более 2,3 МПа. Указанная сталь применяется при строительстве магистральных нефтепроводов и газопроводов с трубами класса прочности К 52 (электросварные прямошовные трубы).

Равнопрочность металла шва и основного металла может быть достигнута благодаря легированию шва элементами, которые переходят из основного металла. Также повышение прочности металла шва и его стойкости против хрупкого разрушения может быть достигнуто путём дополнительного легирования металла шва через сварочную проволоку.

Стойкость против трещин может быть повышена путём снижения содержания в металле шва таких элементов как углерод и сера, что достигается применением сварочной проволоки с пониженным содержанием углерода и серы. Существенное влияние на прочность сварных соединений оказывает правильный выбор способа сварки, предусматривающий

рациональную последовательность выполнения швов и обеспечивающий требуемый провар.

Таблица 1.1 – Химсостав стали 17Г1С

C, %	Si, %	Mn, %	Ni, %	S, %	P, %	Cr, %	N, %	Cu, %	As, %
0,15 - 0,2	0,4 - 0,6	1,15 - 1,6	<0,3	<0,04	<0,035	<0,3	<0,008	<0,3	<0,08

Таблица 1.2 – Физико-механические свойства стали 17Г1С при комнатной температуре

Сортамент	σ_B	σ_T	d_5	KCU
-	МПа	МПа	%	кДж / м ²
Лист	510	345...355	23	390...440
Трубы	490	343	20	

Характер изменения прочностных характеристик трубных сталей в зависимости от температуры нагрева, а также возможность выполнения дуговой сварки на трубопроводе достаточно хорошо изучены [5].

Установлено, что нагрев низколегированных сталей марок 14ХГС и 17Г1С до температуры выше 400 °С приводит к резкому снижению прочности, а при температурах, превышающих 720 °С, она приближается к нулю. Полученные данные свидетельствуют о том, что во время сварки на трубе обходимо стремиться к минимальному проплавлению ее стенки и к уменьшению зоны разогрева до критической температуры. Определены допустимые размеры зоны термического влияния (ЗТВ) вдоль образующей при дуговой сварке на трубопроводах разного диаметра. Установлено, что с увеличением диаметра трубопровода критические размеры зоны разогрева до предельной температуры повышаются. Однако в целом, эти размеры незначительны, что ограничивает возможности дуговой сварки при наплавке вдоль образующей трубопровода.

1.3 Статистика и анализ дефектов магистральных нефтепроводов

Из практики известно, что коррозионное воздействие, несмотря на серьезные меры по коррозионной защите в современных магистральных трубопроводах, является одним из наиболее распространенных механизмов возникновения дефектов и соответствующих отказов [4, 8].

Подход к оценке риска отказа с учетом обнаруженных дефектов в линейной части магистральных трубопроводов при статическом нагружении, изложенный в работах [3, 8], требует оперативного знания соответствующих характеристик материала, определяющих его сопротивление: развития коррозионных процессов, обуславливающих подрастание различных дефектов утонения; роста коррозионных трещин под напряжением; спонтанного распространения трещинообразных дефектов.

Указанные механизмы являются наиболее характерными для возникновения отказа в линейной части современных магистральных трубопроводов как при наличии дефектов, так и при оценке соответствующих ремонтных конструкций, связанных с устранением дефектов [20].

Основными дефектами магистральных трубопроводов [21] являются коррозионные повреждения металла, включающие в себя как потерю металла в результате коррозии, так и образование коррозионных трещин. На втором месте по распространённости находятся дефекты сварных швов, такие как скрепления пор, непровар и т.д. На третьем месте находятся дефекты, получившиеся в результате механических повреждений, например, вмятины.



Рисунок 1.1 – Распределение различных типов дефектов

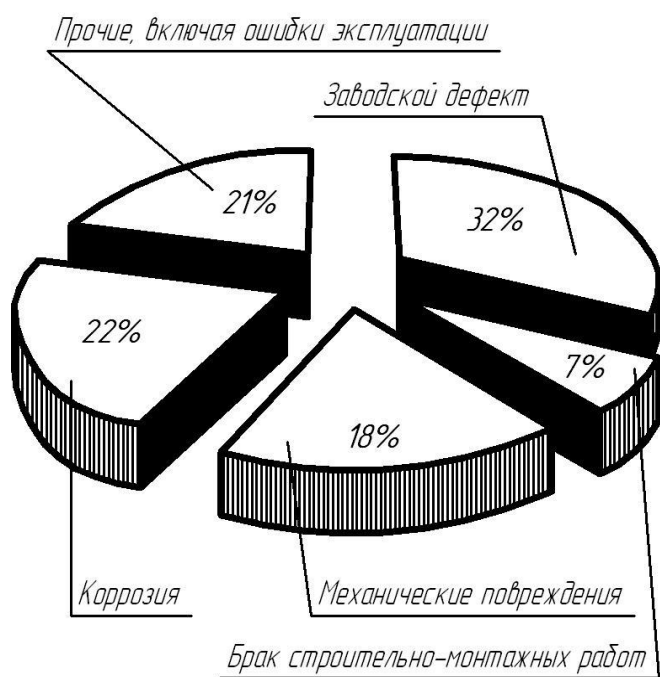


Рисунок 1.2 – Распределение различных типов аварий на трубопроводе

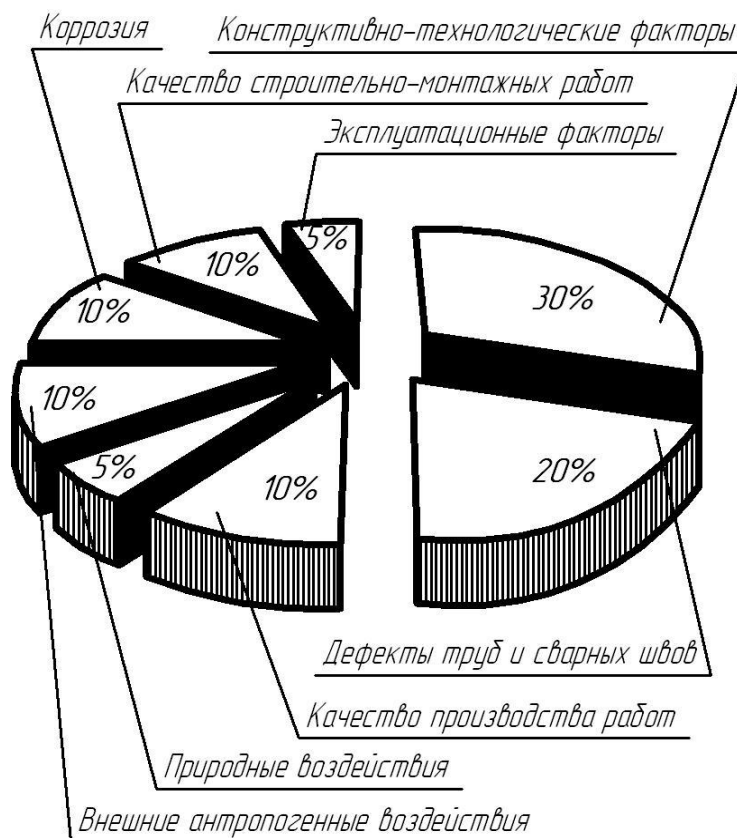


Рисунок 1.3 – Распределение различных групп факторов аварийности трубопровода

1.4 Операции базового технологического процесса ремонтной сварки

Материалы, используемые при сварке

При выполнении ремонтной сварки применяются электроды марки Э50А, Э60, которые имеют основной вид покрытия.

Сварочные электроды должны пройти следующие виды контроля, прежде чем будут допущены к использованию:

- контроль сертификатов соответствия, поставляемых производителем;
- контроль целостности упаковки;
- визуальный контроль вида электродов, для оценки прочности электродного покрытия, проверки отсутствия сколов и других дефектов покрытия, проверки отсутствия следов ржавчины.

При ремонтной сварке применяются электроды различной марки и диаметров, так наплавочные слои выполняются электродами Э50А диаметром 2,5...3,2 миллиметра.

Облицовочные слои при этом выполняются электродами Э60 диаметром 3,0...4,0 миллиметра.

Оборудование, используемое при сварке

Источник сварочного тока оснащается дистанционным регулятором силы сварочного тока, обеспечивающего удобство регулирования при осуществлении ремонтной сварки.

В данном случае для выполнения сварных швов применяется источник тока ВД-306 фотография которого представлена на рисунке 1.4.

Установка ВД-306Ш используется при выполнении ручной дуговой сварки, а также при осуществлении резки углеродистых, коррозионностойких, а также легированных сталей. При этом чаще всего применяются электроды с основным и целлюлозным покрытием диаметр которых составляет от 2,0 до 5,0 миллиметров.

Работы по подготовки места сварки

До начала выполнения ремонтной сварки на дефектном участке ремонтируемого нефтепровода необходимо провести следующий комплекс мероприятий:

- Локализовать места трубопровода, требующие ремонта;
- Произвести очистку дефектного участка от следов снега, грязи, а также пыли. Поврежденные части полимерной ленты также следует удалить;
- Разместить рядом с дефектным местом трубопровода все требуемое для ремонта оборудование и расходные материалы;
- Провести подготовку ремонтных материалов;

Перед проведением дальнейших работ необходимо убедиться, что место дефекта очищено от изоляции, следов ржавчины, всех видов загрязнений (грязь, пыль, снег, копоть, масло). Периметр дефектного участка

должен быть очищен механическим путем от заусенцев, выступов, острых кромок, с выполнением закруглений краев.

Таблица 1.3 – Основные параметры источника тока ВД-306Ш

Название параметра	Значение и единица измерения
Напряжение питания	380±40 В
Частота питающей сети	50 Гц
Номинальный сварочный ток, при ПН=40%,	300 А
Регулирование сварочного тока:	механическое плавно-ступенчатое
Пределы регулирования сварочного тока	60-300 А
Напряжение холостого хода	80 В
Максимальная потребляемая мощность	22 кВА
Габаритные размеры	555×625×755 мм
Масса прибора	99,5 кг



Рисунок 1.4 – Источник тока ВД-306Ш

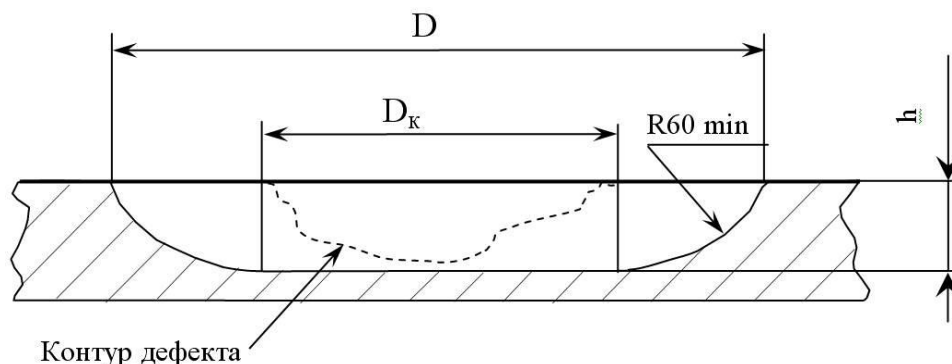
При выполнении выборки с дефектного участка трубопровода снимают следы коррозии и слой металла, толщиной в миллиметр, до достижения требуемой под сварку формы.

Геометрической форме выборки предъявляются следующие требования:

- Выборка должна быть выполнена в форме овала.
- У выборки должно быть плоское дно.
- По краям выборки должен быть обеспечен переход от дна до поверхности трубы с радиусом ≥ 60 миллиметров.

Выборка выполняется механическим способом с использованием шлифмашины.

Геометрические параметры выборки представлены на рисунке 1.5.



D_k – длина дефекта;

D – длина выборки металла с дефектом;

h – глубина выборки металла с дефектом.

Рисунок 1.5 – Удаление металла с дефектом с поверхности нефтепровода под ремонтную сварку

После выполнения выборки получившуюся поверхность необходимо проверить толщиномером для определения оставшейся толщины, а также подвергнуть ультразвуковому контролю и контролю проникающими веществами для обнаружения внутренних и наружных дефектов.

Для локального определения толщины металла измеритель ультразвукового типа А1208, представленный на рисунке 1.6. Данный ультразвуковой измеритель толщин оснащен износостойчивым совмещенным преобразователем, позволяющий мерить толщину металла 0.7...300 миллиметра. Также измеритель оснащен и раздельно-совмещенным преобразователем, предназначенным для определения места пораженных коррозионными язвами. Измеритель предназначен для работы в при температуре окружающего воздуха -35...+55 °С.

При проведении выборки металла с дефектом применяется шлифмашина радиального типа ИП-2014, показанная на рисунке 1.7.



Рисунок 1.6 – Измеритель толщины металла ультразвукового типа А1208



Рисунок 1.7 – Шлифмашина радиального типа ИП-2014

Предварительный нагрев

С помощью пропанобутановых или пропанобутановых кислородных горелок необходимо нагреть предполагаемое место сварки до температурного диапазона 100-140 °С .

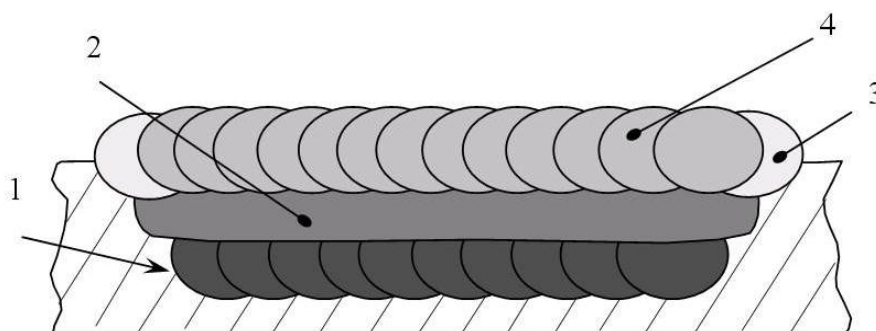
Зона нагрева металла должна выходить за границы подготовленной выборки на величину ≥ 8 см в каждую из сторон.

Контроль температуры подогрева осуществляют на расстоянии 1,5 см места предполагаемой сварки с помощью специальных устройств (контактного или бесконтактного типа).

Выполнение ремонтной сварки

При осуществлении ремонтной сварки послойно необходимо накладывать узкие валики. При этом последовательно выполняют первый, несколько заполняющих, контурный и облицовочный слои. Алгоритм наложения слоев показан на рисунке 1.8.

Необходимо наложить не менее трех слоев без учета контурного слоя.



Ремонтных шов состоит из следующих слоев: корневого (1), несколько заполняющих (2), контурного (3) и облицовочного (4)

Рисунок 1.8 – Алгоритм наложения слоев шва при ремонтной сварке на поверхности нефтепровода.

Сварку всех нечетных слоев шва выполняют валиками, накладываемыми параллельно, перпендикулярно направлению движению нефти по трубопроводу, как это показано на рисунке 1.9 а. При этом ширина накладываемых валиков должна быть не более 1 см, также необходимо обеспечить перекрытие соседних валиков на величину ≥ 3 миллиметра. Валики накладываются в направлении на подъем.

При выполнении каждого шва кратер необходимо заправлять и выводить на шов для зачистки с помощью шлифовального инструмента.

Основные параметры режимов сварки для различных слоев шва представлены в таблице 1.4.

Сварка должна осуществляться постоянным током (обратная полярность).

Если остаточная после выборки толщина стенки трубы лежит в диапазоне значений от 5 до 8 миллиметров, то заполняющие швы следует выполнять электродами марки Э50А диаметром равным 2,5-2,6 миллиметра (без учета нормативного предела прочности).

Выполнение ремонтной сварки проводится короткой дугой с поперечным колебанием электрода. Заварка конечного кратера осуществляется без обрыва дуги.

Таблица 1.4 – Параметры сварки

Название слоя	Размер электрода, мм	Ток сварки, А	Линейная 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

Сварку всех четных слоев шва выполняют валиками, накладываемыми параллельно, вдоль направления движению нефти по трубопроводу, как это показано на рисунке 1.9 б. При этом ширина накладываемых валиков должна быть не более 1 см, также необходимо обеспечить перекрытие соседних валиков на величину ≥ 3 миллиметра.

При выполнении каждого шва кратер необходимо заплавлять и выводить на шов для зачистки с помощью шлифовального инструмента.

До выполнения облицовочного слоя необходимо выполнить контурный шов. При выполнении контурного шва необходимо к электроду прикладывать поперечные колебания направленные перпендикулярно границе выборки. Контурный шов должен быть шириной от 8 до 12 миллиметров. Также должен быть обеспечен плавный переход от контурного шва к основному металлу трубопровода. Не допускается наличие подрезов на основном металле.

Необходимо обеспечить мелкочешуйчатую структуру сварного шва.

Не допускается значительные перепады гребней и впадин на сварном шве (больше 1 миллиметра). При выполнении облицовочного слоя не допускается выходить за пределы контурного шва.

После окончания сварки, полученный шов необходимо обработать механическим путем (с помощью шлифмашины) для придания отремонтированному участку требуемых геометрических размеров и гладкой формы. При этом оставляют высоту усиления шва, равно 1,0...1,5 миллиметра. Шероховатость отремонтированного сваркой участка трубы должна быть не хуже Rz40. Поясняющая схема с геометрическими размерами представлена на рисунке 1.10.

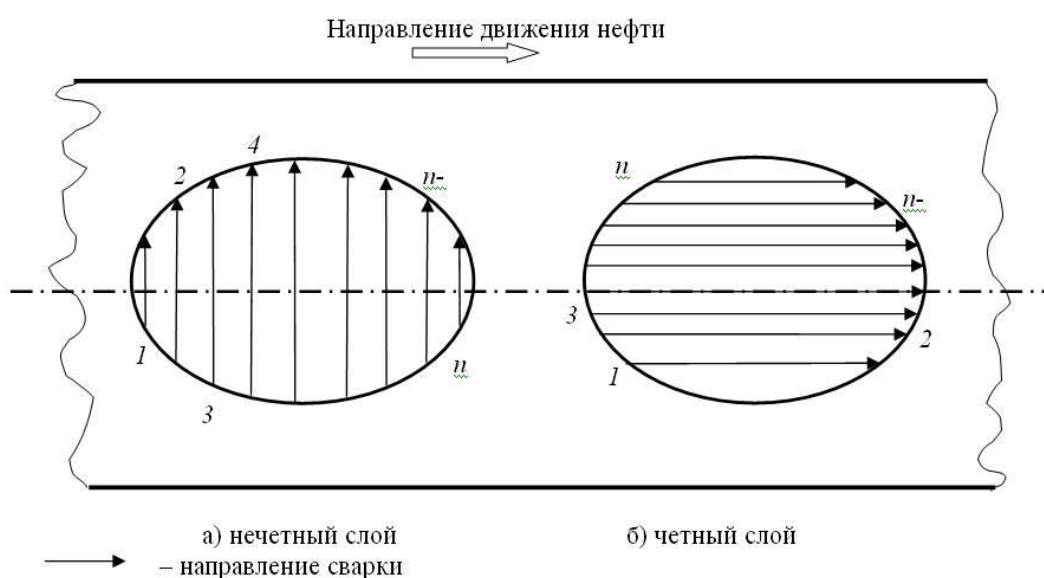


Рисунок 1.9 –Последовательность и направление наложения валиков для различных слоев ремонтного шва, накладываемого на выборку металла трубопровода

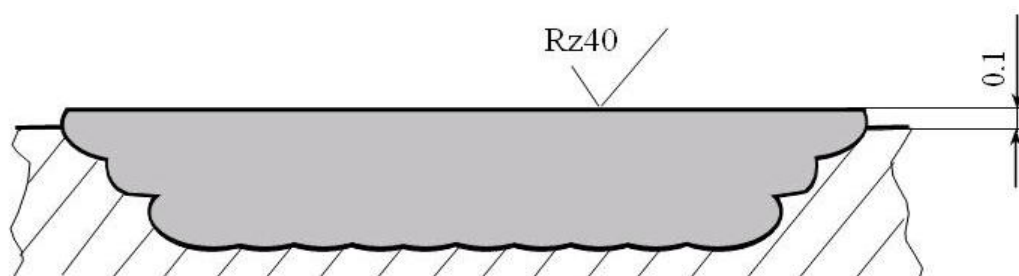


Рисунок 1.10 – Геометрические параметры сварного шва наложенного на место выборки и после поверхностной механической обработки

Контроль качества сварки

При контроле качества ремонтной сварки применяются следующие неразрушающие методы:

- Визуальный контроль/осмотр сварного соединения;
- Контроль с использованием ультразвука;
- Контроль проникающими веществами.

Для выявления поверхностных дефектов сварное соединение подвергается визуальному контролю и контролю с использованием проникающих веществ.

Для выявления внутренних дефектов шва применяется контроль с использованием ультразвука.

Стопки зрения очередность проведение различных видов контроля следует отметить, ультразвук и проникающие вещества используются только после положительных результатов осмотра шва.

Ультразвуковой контроль позволяет обнаруживать трещины, расслоения, непровары, подрезы, неметаллические включения, скопления пор.

Контроль проникающими веществами позволяет обнаруживать свищи, сквозные трещины, подрезы и кратеры.

Визуальному контролю должна подвергаться поверхность трубопровода, заходящая за пределы отремонтированного участка на расстояние 100 мм от его границ.

Ультразвуковому контролю и контролю проникающими веществами контролю должна подвергаться поверхность трубопровода заходящая за пределы сварного шва на расстояние 50 мм.

1.5 Постановка задач на проектирование

Исходная технология ремонтной сварки осуществляется с использованием дуговой сварки штучными электродами вручную. Недостатками такого подхода являются: малая производительность сварки, низкое качество выполняемых работ по причине получения множественных дефектов, тяжёлые условия труда сварщика. Эти недостатки должны быть устранены. Для этого предлагается решение следующих задач, которые были сформулированы по результатам анализа состояния вопроса:

- 1) обосновать замену способа сварки на основе современных достижений сварочной науки и техники;
- 2) обосновать выбор сварочных материалов и оборудования для осуществления сварки и предложить оптимальные параметры режима сварки;
- 3) составить проектную технологию сварки с применением предложенных ранее технических решений.

2. ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕМОНТНОЙ СВАРКИ МАГИСТРАЛЬНОГО ТРУБОПРОВОДА

2.1 Обоснование применяемого способа сварки

Определение наиболее подходящего для наших целей способа сварки необходимо производить с учётом свариваемости металла, необходимости использования высокотехнологичного оборудования, реализующего процесс сварки, квалификации сварочного и обслуживающего персонала, а также с учетом экономических показателей.

Дуговая сварка штучными электродами

Данный способ сварки является наиболее часто встречаемым в отечественной и зарубежной промышленности. Схема данного типа сварки показана на рисунке 2.1.

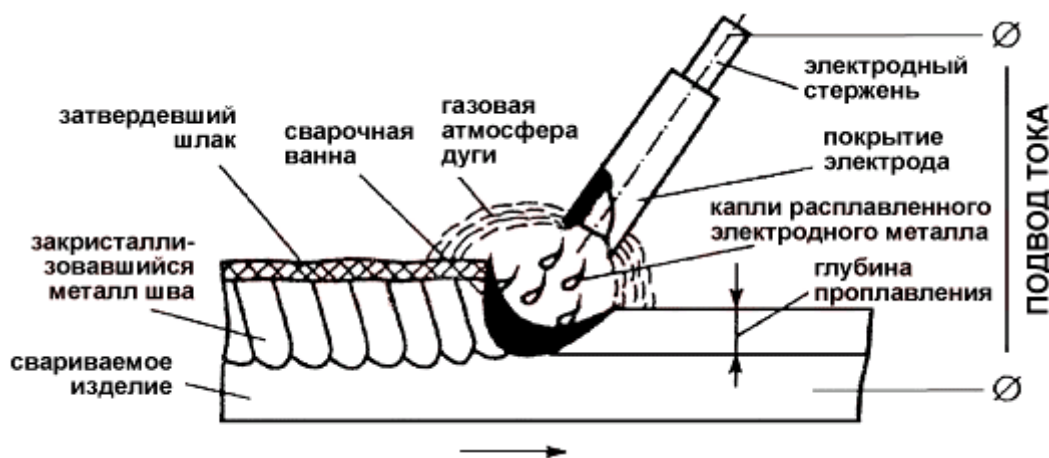


Рисунок 2.1 – Ручная дуговая сварка штучными электродами

Достоинствами такого способа сварки являются:

1. Простое устройство и относительная дешевизна сварочного оборудования;
2. Доступность выполнения швов в разных пространственных положениях;
3. Высокая мобильность сварочных установок.

К недостаткам такого вида сварки относятся:

1. Низкая скорость выполнения шва;
2. Высокая зависимость качества сварки от квалификации рабочего.

Сварка под флюсом

Сварка под флюсом с высокой степенью автоматизации может применяться при выполнении сварочных работ на трубах диаметром 0,2 метра и больше с толщиной стенки 4 миллиметра и больше.

Данный способ сварки подходит для труб из углеродистых и кремне-марганцовистых сталей. Схема сварки под флюсом представлена на рисунке 2.2.

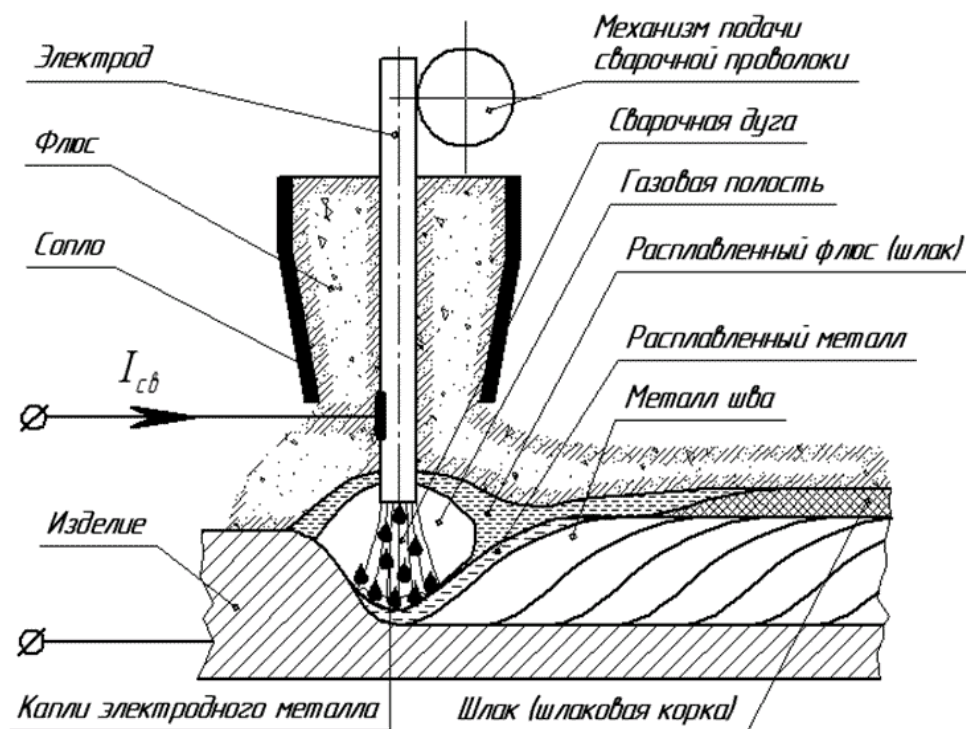


Рисунок 2.2 – Сварка под флюсом

Перед выполнением сварного шва собранные стыки сначала прихватываются ручной дуговой сваркой с использованием диаметром 3 миллиметра и меньше. Допускается выполнение прихваток сваркой в среде CO_2 газа.

Достоинствами такого способа сварки являются:

1. Хорошая стабильность качества получаемых соединений;

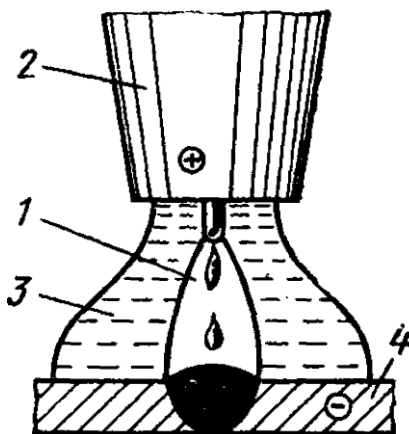
2. Благодаря автоматизации достигается высокие показатели производительности;
3. Обеспечение возможности сварки больших толщин за проход.

К недостаткам такого способа сварки относятся:

1. Сложность нанесения флюса и возможность его осыпания при сварке в определенных пространственных положениях;
2. Высокая сложность применяемого при сварке оборудования
3. Большие габариты сварочного оборудования снижают мобильность сварщика.

Сварка в среде CO_2 газа

Механизированная сварка в CO_2 может применяться при сварке трубопроводов из углеродистых и низколегированных сталей с толщиной стенки от 3 и более миллиметров. Схема данного вида сварки представлена на рисунке 2.3.



1 – дуга; 2 – сопло; 3- защитная газовая среда; 4- свариваемый металл

Рисунок 2.3 – Сварка в углекислом газе плавящимся электродом

Достоинствами такого способа сварки являются:

1. Благодаря минимизации обеспечивается высокая производительность сварки;
2. Стабильная сварка во всех пространственных положениях электрода.

К недостаткам такого вида сварки относятся:

1. Наличие эффекта разбрызгивания расплавленного металла;
2. Сниженная мобильность сварщика;
3. повышенная хрупкость наплавленного металла.

Сварка порошковой проволокой

Применение самозащитных порошковых проволок при сварке даёт существенные производственные преимущества, которые особенно сильно проявляются в монтажных условиях. Также следует отметить отсутствие необходимости в использовании газовой аппаратуры (не нужны баллоны, шланги, газовые редукторы), флюса и флюсоподающей аппаратуры.



Рисунок 2.4 – Сварка порошковой проволокой

Достоинствами такого способа сварки являются:

1. Обеспечивается высокая производительность процесса сварки;
2. Высокая стабильность качества швов;
3. Сварщик не ограничен в мобильности.

К недостаткам такого вида сварки относятся:

1. Сниженная глубина проплавления металла;
2. Повышение склонности к образованию пористой структуры при отклонении вылета и напряжения от рекомендованных значений.

2.2 Улучшение показателей сварочного процесса

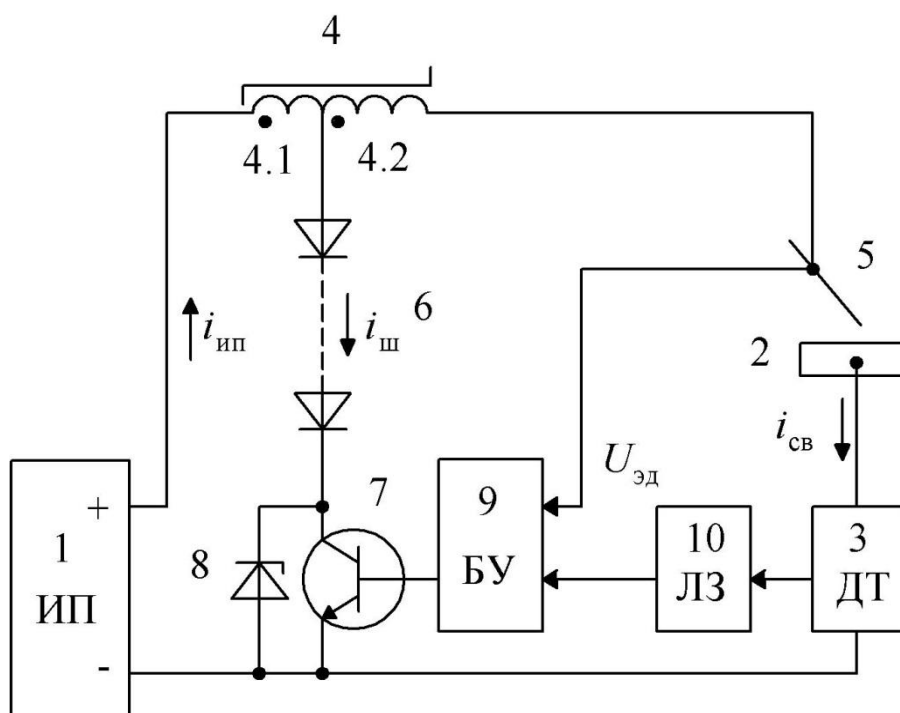
В 1960-е годы получил достаточно широкое распространение импульсно-дуговой процесс сварки, суть которого заключалась в использовании импульсных алгоритмов управления источником сварочного тока процессом переноса электродного металла.

В настоящее время совершенствование сварочных процессов и оборудования для механизированной сварки в основном происходит с учетом возможностей, которые можно получить, используя современные электронные компоненты и разнообразия алгоритмов управления переносом электродного металла и циклом сварки.

Проведённое исследование быстропротекающих процессов при сварке с короткими замыканиями [22] были выполнены с применением методов физико-математического моделирования, при этом использовались различные алгоритмы управления источником питания для сварки. В результате моделирования установлено, что период коротких замыканий обладает большей стабильностью, если осуществлять дополнительные управляющие воздействия при импульсном управлении процессом сварки. Кроме того, подобное импульсное управление процессом сварки приводит к тому, что ток дуги, стабильность переноса капель проволоки в сварочную ванну, длина дуги и размер капель существенно увеличиваются по сравнению со сваркой в непрерывном режиме и отсутствующем управлении.

Предлагаемое устройство, представленное на рисунке 2.5, предназначенное для управления переносом капель электродной проволоки в зону сварки состоит из: источника питания (ИП) 1, свариваемой детали 2, токового датчика 3 (ДТ); дросселя 4 с насыщающимся магнитопроводом, а также обмоток секционного типа (4.1, 4.2), электрода сварочного 5, двух диодов соединенных последовательно друг с другом 6, полупроводникового триода 7, диода Зенера 8, блока управления 9, а также линии задержки 10. При этом крайние выводы обмотки дросселя 4 подключены, соответственно, к клемме «плюс» источника питания 1 (ИП) и к электроду 5, а отвод от нее подключен к аноду первого диода. Катод последнего диода соединен с

катодом стабилитрона 8 и с коллектором транзистора 7, эмиттер которого соединен с анодом стабилитрона 8 и клеммой «минус» источника питания 1 (ИП). Между клеммой «минус» источника питания 1 (ИП) и свариваемым изделием 2 включен датчик тока 3 (ДТ), выход которого соединен с входом линии задержки 10 (ЛЗ), а ее выход соединен с одним из входов блока управления 9 (БУ), другой вход которого соединен с электродом 5. Выход блока управления 9 (БУ) соединен с базой транзистора 7.



1 - источник питания; 2 – свариваемый металл; 3 – токовый датчик; 4 - дроссель; 5 – электродная проволока; 6 - два диода соединенных последовательно друг с другом; 7 - полупроводниковый триод; 8 - диода Зенера; 9 - блок управления; 10 - линия задержки

Рисунок 2.5 – Принципиальная схема устройства

При реализации представленного устройства в качестве источника питания можно использовать обычные сварочные источники питания постоянного тока, например, ВД-306Ш.

В качестве датчика тока оптимальным выбором будут являться датчики Холла американской компании Honeywell International серии CSLA.

Реализация блока управления возможна с использованием можно использование устройства на базе компараторов LM311 и микросхемой-драйвера IR2110.

Линию задержки можно реализовать на основе одновибратора CD4047.

Из анализа кадров видеосъемки сварочной дуги (рисунок 2.6) при сварки с использованием предложенного устройства можно сделать следующие выводы:

- Электродный металл переносится без разбрызгивания (во временной период короткого замыкания);
- Повышена эффективность нагрева свариваемого металла (во временной период возбуждения дуги).

Данные эффекты достигаются алгоритмом распределением тока $i_{ин}$ на токи $i_{ш}$ и $i_{св}$ ($i_{ш}$ - ток шунта, $i_{св}$ - ток сварки, см. рисунок 2.6). При этом предложенное устройство отличается простотой принципиальной схемы.

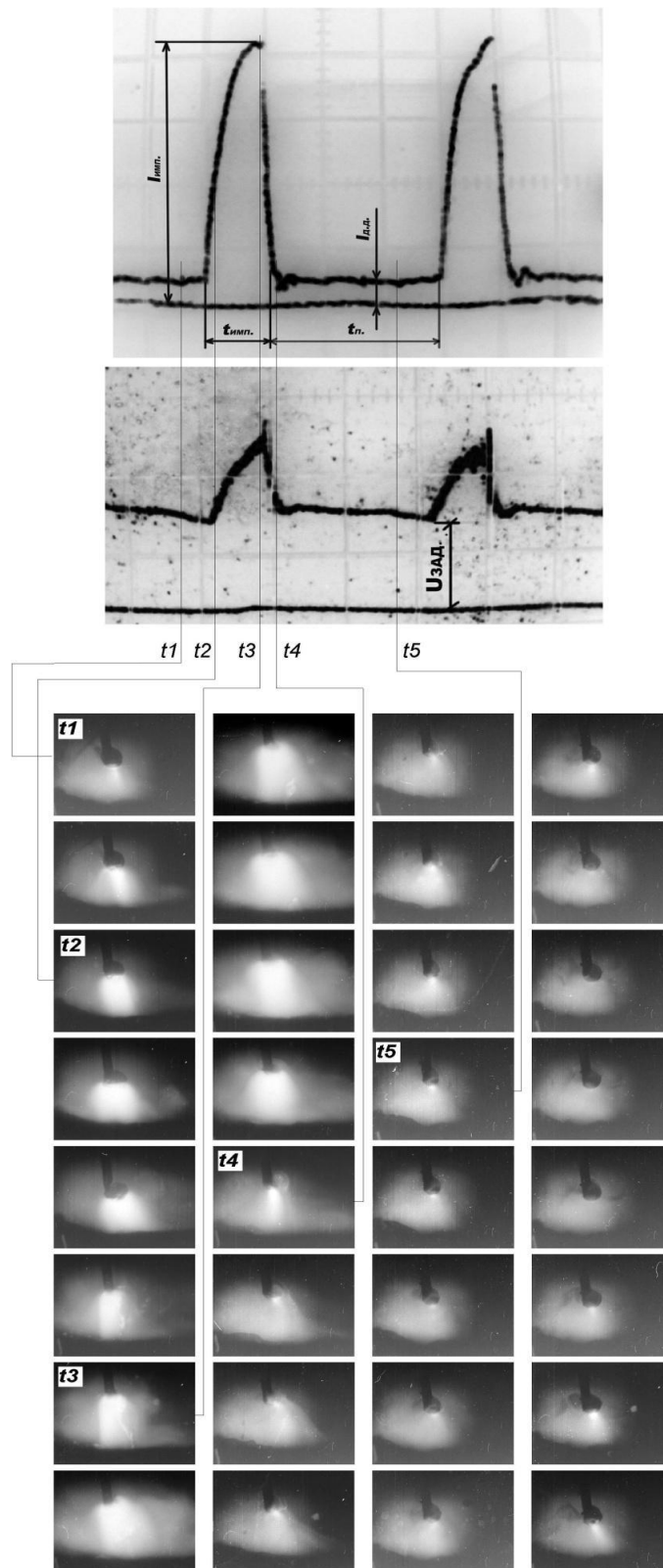


Рисунок 2.6 – Осциллограмма электрических параметров и кадры съемки сварочной дуги в указанные моменты ($t1 \dots t5$) времени при импульсном управлении [15]

2.3 Описание операций технологического процесса ремонтной сварки трубопровода

Зачистка дефектного участка

Поверхность трубопровода должна быть очищена от старой изоляции, грязи, ржавчины, пыли, земли и наледи, а также обезжирена от копоти и масла, срезав острые выступы, задиры, заусенцы, закруглив края повреждённого покрытия по всему периметру и осушена.

Требования к выполнению операции: 1) Удалить следы коррозии и слой металла не менее 1 мм; 2) Выборка должна иметь овальную форму, гладкое дно и радиус перехода не менее 60 мм; 3) Остаточная толщина стенки не менее 5 мм.

Для выполнения операции применяется: 1) Машинка радиальная шлифовальная; 2) Щётка металлическая; 3) Круг абразивный; 4) Набор ВИК; 5) Ультразвуковой толщиномер; 6) Шаблоны гибкие под выборку.

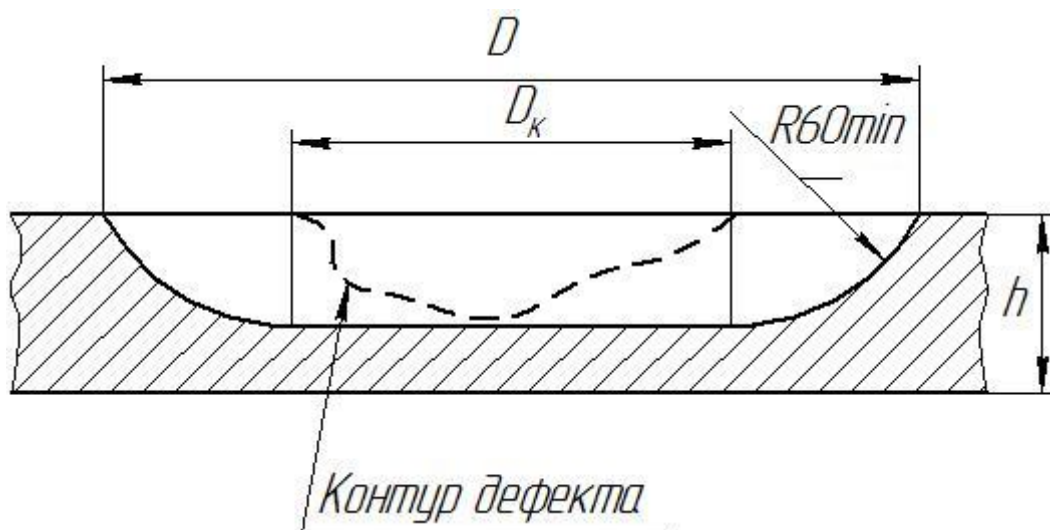


Рисунок 2.7 – Операция зачистки дефектного участка трубопровода

Предварительный подогрев

В процессе заварки выборки следует выполнять предварительный подогрев до температуры 100...130 °С. Подогрев выполняют с помощью пропанобутановых или пропанобутановых кислородных горелок. Ширина зоны подогрева должна быть не менее 80 мм в каждую сторону от выборки.

Температуру подогрева контролируют на расстоянии 15 мм от разделки ремонтного участка приборами для замера температуры.

Требования к выполнению операции: 1) Температура подогрева 100...130 °С; 2) Ширина зоны подогрева не менее 80 мм в каждую сторону от выборки; 3) Температуру подогрева контролировать на расстоянии 15 мм от разделки.

Для выполнения операции применяется: 1) Резак газопламенный; 2) Контактные термопары ТК-5; 3) Смесь пропан-бутановая.

Заварка дефекта

При осуществлении ремонтной сварки послойно необходимо накладывать узкие валики. При этом последовательно выполняют первый, несколько заполняющих, контурный и облицовочный слои.

Сварку всех четных слоев шва выполняют валиками, накладываемыми параллельно, вдоль направления движению нефти по трубопроводу, как это показано на рисунке 2.8. При этом ширина накладываемых валиков должна быть не более 1 см, также необходимо обеспечить перекрытие соседних валиков на величину ≥ 3 миллиметра.

До выполнения облицовочного слоя необходимо выполнить контурный шов. При выполнении контурного шва необходимо к электроду прикладывать поперечные колебания направленные перпендикулярно границе выборки. Контурный шов должен быть шириной от 8 до 12 миллиметров. Также должен быть обеспечен плавный переход от контурного шва к основному металлу трубопровода. Не допускается наличие подрезов на основном металле.

Необходимо обеспечить мелкочешуйчатую структуру сварного шва.

После окончания сварки, полученный шов необходимо обработать механическим путем (с помощью шлифмашины) для придания отремонтированному участку требуемых геометрических размеров и гладкой формы. При этом оставляют высоту усиления шва, равно 1,0...1,5

миллиметра. Шероховатость отремонтированного сваркой участка трубы должна быть не хуже Rz40.

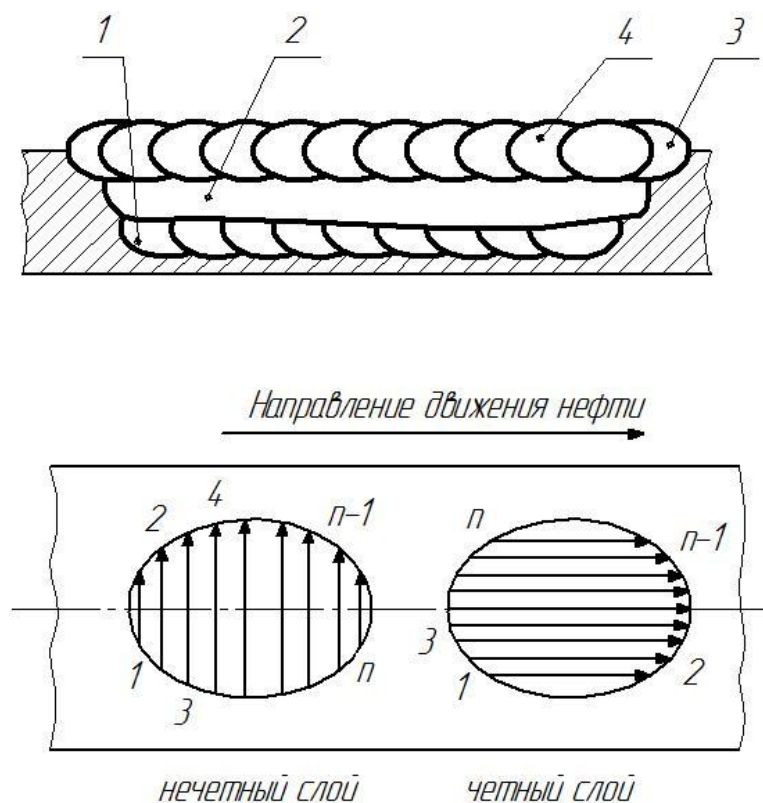


Рисунок 2.8 – Операция заварки дефекта

Требования к выполнению операции: 1) Сварку производить на постоянном токе, обратной полярности; 2) Параметры режима (табл. 2.1); 3) Послойный визуальный контроль 100 %, проверять предыдущий слой на отсутствие трещин и пор; 4) Ширина контурного шва 8...12 мм; 5) Кратер каждого шва заплавлять и зачищать

Для выполнения операции применяются: 1) Машинка радиальная шлифовальная; 2) Круг абразивный; 3) Щётка металлическая дисковая; 4) Набор ВИК; 5) Выпрямитель сварочный ВДГ-303; 6) Формирователь импульсов сварки; 7) Электродная проволока сплошного сечения L-56 Ø1,14 мм; 8) Смесь защитных газов: 75% Ar + 25%CO₂.

Механическая обработка

После окончания сварки, полученный шов необходимо обработать механическим путем (с помощью шлифмашины) для придания

отремонтированному участку требуемых геометрических размеров и гладкой формы. При этом оставляют высоту усиления шва, равно 1,0...1,5 миллиметра. Шероховатость отремонтированного сваркой участка трубы должна быть не хуже Rz40.

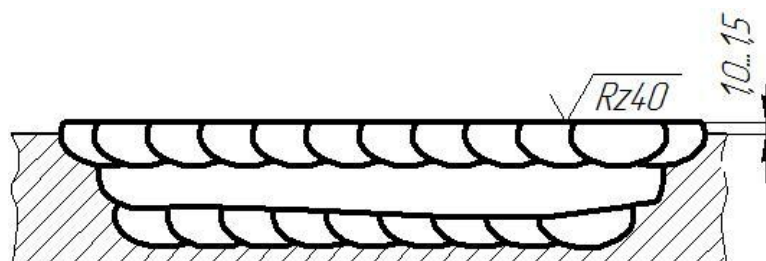


Рисунок 2.9 – Операция механической обработки

Требования к выполнению операции: 1) обработанная поверхность должна быть гладкой и иметь шероховатость не более Rz40; 2) Высота усиления 1,0...1,5 мм.

Для выполнения операции применяются: 1) Машинка радиальная шлифовальная; 2) Круг абразивный; 3) Щётка металлическая дисковая; 4) Набор ВИК

Контроль качества

При контроле качества ремонтной сварки применяются следующие неразрушающие методы:

- Визуальный контроль/осмотр сварного соединения;
- Контроль с использованием ультразвука;
- Контроль проникающими веществами.

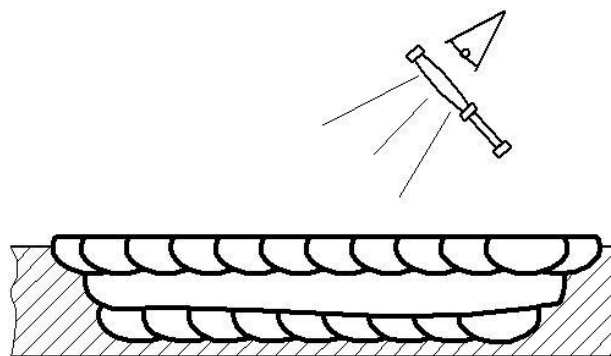


Рисунок 2.10 – Операция контроля качества

Требования к выполнению операции: 1) Визуальный контроль 100 %;
2) Ультразвуковой контроль 100 %; 3) Контроль проникающими веществами 100%; 4) Не допускаются: трещины, наплывы, подрезы, пористость и грубая чешуйчатость поверхности шва

Для выполнения операции применяются: 1) Набор ВИК;
2) Пульверизатор; 3) Керосин; 4) Краска "Судан-III"; 5) Ультразвуковой дефектоскоп Olympus NDT EPOCH 1000i

Раздел 3 – ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОСТИ И ЭКОЛОГИЧНОСТИ РАЗРАБАТЫВАЕМОГО ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА

3.1 Технологическая характеристика объекта

Таблица 3.1 - Технологический паспорт объекта

Технологическая операция , вид выполняемых работ	Должность работника, выполняющего данную технологическую операцию	Оборудование, устройства и приспособления, применяемые при выполнении технологической операции	Вещества и материалы, применяемые при выполнении технологической операции
1. Зачистка дефектного участка	Слесарь-сборщик	Машинка радиальная шлифовальная; набор ВИК; ультразвуковой толщиномер; шаблоны гибкие под выборку	Круг абразивный, щётка
2. Проведение предварительного подогрева собранного стыка труб	Термист	Резак газопламенный; контактные термодпары ТК-5;	Смесь пропан-бутановая
3. Осуществление сварки стыка труб	Электросварщик на автоматических и полуавтоматических машинах	Машинка радиальная шлифовальная; набор ВИК; выпрямитель сварочный ВДГ-303; Формирователь импульсов сварки;	Круг абразивный; щётка металлическая дисковая, электродная проволока сплошного сечения L-56; смесь защитных газов: 75% Ar + 25%CO ₂
4. Проведение механической обработки сварного шва	Слесарь-сборщик	Машинка радиальная шлифовальная; набор ВИК	Круг абразивный; щётка металлическая дисковая
5. Проведение контроля качества сварных стыков труб	Дефектоскопист по магнитному и ультразвуковому контролю	Ультразвуковой дефектоскоп Olympus NDT EPOCH 1000i	-

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. Зачистка дефектного участка	- острые кромки, заусенцы и шероховатости, присутствующие на поверхностях заготовок, инструмента и оборудования; - подвижные части механизмов, производственного оборудования и машин	Машинка шлифовальная
2. Проведение предварительного подогрева собранного стыка труб	- повышенное значение напряжения в электрической цепи, для которой присутствует риск замыкания через тело человека; - высокая температура нагрева поверхности оборудования, заготовок и сварочных материалов	Резак газопламенный
3. Осуществление сварки стыка труб	- 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	Выпрямитель сварочный ВД-306Ш, машинка радиальная шлифовальная
4. Проведение механической обработки сварного шва	- 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	Машинка радиальная шлифовальная

1	2	3
5. Проведение контроля качества сварных стыков труб	- повышенный уровень ультразвуковых волн в рабочей зоне	Ультразвуковой дефектоскоп Olympus NDT EPOCH 1000i

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 предупреждающих 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	-
5. Повышенное значение уровня ультразвуковых волн в рабочей зоне;	Осуществление экранирования зоны сварки с использованием щитов	Спецодежда, маска сварщика
6. Повышенное значение уровня инфракрасной радиации в рабочей зоне	Осуществление экранирования зоны сварки с использованием щитов	Спецодежда, маска сварщика

1	2	3
7. Повышенный уровень ультразвуковых волн в рабочей зоне	Осуществление экранирования зоны контроля с использованием щитов, удаление источника излучения от оператора и снижение времени пребывания в опасной зоне оператора	-

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	Наименование пожарной автоматики	Наименование пожарного оборудования, применяющегося для	Наименование средств индивидуальной защиты и спасения людей, применяющихся при	Наименование пожарного инструмента	Наименование пожарной сигнализации, связи и систем оповещения
Ящики с песком, кошма, огнетушитель ОВП-80	-	-	-	-	План эвакуации,	Лопата, багор, топор	кнопка извещения о пожаре

Таблица 3.5 – Проведение организационных и технических мероприятий по обеспечению пожарной безопасности

Наименование технологического процесса	Реализуемое организационное или техническое мероприятие	Требования по обеспечению пожарной безопасности
Подготовка кромок, сборка стыка, сварка стыка и контроль качества сварных соединений	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 3.6 – 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 дефекта, заварка сварка дефекта и контроль качества	Подготовка, сборка, сварка	газообразные частицы и сажа, которые выделяются при сварке	-	упаковка от проволоки бумажная и полиэтиленовая; металлолом, преимущественно о стальной; бытовой мусор.

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

Наименование технического объекта	Сварка трубопровода
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 ремонтной сварки магистральных трубопроводов. При выполнении базовой технологии сварки предусматривается ручная дуговая сварка 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 сварки на полуавтоматическую сварку проволокой сплошного сечения в среде защитных газов с импульсным управлением сварочной дугой. Применение предложенных технологических решений позволит достигнуть существенного снижения трудоемкости сварки и повышения стабильности качества выполняемых ремонтных работ.

Базовый и проектный технологические процессы включают в себя следующие операции: первая операция – подготовка дефекта; вторая операция – предварительный нагрев; третья операция – сварочная; четвёртая операция – механическая обработка заваренного участка; пятая операция – контроль качества. Поскольку производится изменение только самой технологии сварки, расчёт затрат производим на один дефект.

Таблица 4.1 – Исходные данные для проведения экономического расчёта

№	Наименование экономического показателя	Обозначение показателя	Единица измерения	Значение экономического показателя по вариантам технологии
---	--	------------------------	-------------------	--

				Базовы й	Проектный
1	2	3	4	5	6
1	Общее количество рабочих смен	Ксм	-	2	2
2	Установленная норма амортизационных отчислений на используемое в технологическом процессе оборудование	На	%	21,5	21,5
3	Принимаемый разряд сварщика	Р.р.		IV	IV
4	Величина часовой тарифной ставки	Сч	Р/час	150	150
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	Сзксп	(Р/м ²)/год	2000	2000
10	Цена приобретения производственных площадей	Цпл	Р/м ²	3000	3000
11	Площадь, которая занята технологическим оборудованием	S	м ²	20	20
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	5

1	2	3	4	5	6
14	Рыночная стоимость применяемого технологического оборудования:	Цоб	Руб.	150000	300000
15	Значение коэффициента, учитывающего затраты на дополнительную производственную площадь	Кпл	-	3	3
16	Потребляемая мощность технологического оборудования	Муст	кВт	10	40
17	Стоимость расходуемой на проведение технологии электрической энергии	Цэ-э	Р/ кВт	1,75	1,75
18	Значение коэффициента, учитывающего выполнение нормы	Квн	-	1,1	1,1
19	Значение коэффициента полезного действия технологического оборудования	КПД	-	0,7	0,85
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	-	2,15	2,15
23	Значение коэффициента который учитывает производственной нормы	Кв		1,03	1,03
24	Время машинное	t _{МАШ}	мин	48	20

4.2 Вычисление фонда времени работы оборудования

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

$$F_H = (D_P \cdot T_{CM} - D_{II} \cdot T_{II}) \cdot C, \quad (4.1)$$

где T_{CM} – принятая продолжительность смены;

D_P – общее количество рабочих дней в году;

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

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

C – общее количество смен.

Подставив в (4.1) заданные значения, получим:

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

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

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

где B – плановые потери рабочего времени.

Подставив в (4.2) заданные значения, получим:

$$F_{\text{э}} = 4418 \cdot \left(1 - \frac{7}{100}\right) = 4108 \text{ ч.}$$

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:

$$t_{\text{шт}} = t_{\text{маш}} + t_{\text{всп}} + t_{\text{обсл}} + t_{\text{отл}} + t_{\text{п-з}}, \quad (4.3)$$

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% $t_{\text{маш}}$;

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

Подставив в (4.3) заданные значения, получим:

$$t_{шт.баз} = 48 + 6 + 6 + 3 + 0,48 = 60,48 \text{ мин} = 1,008 \text{ ч}$$

$$t_{шт.проектн.} = 20 + 2 + 2 + 1, + 0,2 = 25,2 \text{ мин} = 0,420 \text{ ч}$$

Годовую программу объемов работ определяем расчётным путём:

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

где $F_{Э}$ – величина эффективного фонда времени работы оборудования;

$t_{шт}$ – штучное время на выполнение сварки одного стыка труб;

Подставив в (4.4) необходимые значения, получим:

$$П_{Г.баз.} = 4108/1,008 = 4000 \text{ в год};$$

$$П_{Г.проектн.} = 4108/0,42 = 10000 \text{ в год}.$$

Для проведения дальнейших экономических расчётов принимаем $П_{Г} = 4000$ дефектов за год.

Количество оборудования определяем с использованием формулы:

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

где $t_{шт}$ – затрачиваемое штучное время на сварку одного стыка труб;

$П_{Г}$ – принятое значение годовой программы;

$F_{Э}$ – величина эффективного фонда времени работы сварочного оборудования;

$K_{ВН}$ – принятое значение коэффициента выполнения нормы.

Подставив в (4.5) необходимые значения, получим:

$$n_{ДАН \times А} = \frac{1,008 \cdot 4000}{4108 \cdot 1,03} = 0,95$$

$$n_{ДАН \times Б} = \frac{0,42 \cdot 4000}{4108 \cdot 1,03} = 0,40$$

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:

$$K_3 = n_{\text{расч}}/n_{\text{пр}} \quad (4.6)$$

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:

$$K_{3б} = 0,95/1 = 0,95$$

$$K_{3п} = 0,40/1 = 0,40$$

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 строительства трубопровода предусматривается ручная дуговая сварка штучными электродами, что приводит к получению значительного числа дефектов и дополнительным затратам времени на их устранение. Предложенный проектный вариант технологии предусматривает замену дуговой сварки штучными электродами на полуавтоматическую сварку сплошной проволокой в среде CO_2 с импульсным управлением сварочной дугой. Определение расходов на материалы выполняем исходя из описания технологии сварки.

$$M_{\text{баз.}} = 354 \text{ р/кг} \cdot 1,58 \text{ см}^2 \cdot 50 \text{ см} \cdot 7,8 \text{ г/см}^3 \cdot 1,8 \cdot 1,05 : 1000 = 412 \text{ рублей}$$

$$M_{\text{проектн.}} = 78 \text{ р/кг} \cdot 1,0 \text{ см}^2 \cdot 50 \text{ см} \cdot 7,8 \text{ г/см}^3 \cdot 1,2 \cdot 1,05 : 1000 + 16 \text{ руб.} = 55 \text{ рублей}$$

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

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

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

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

Подставив в (4.8) необходимые значения, получим:

$$З_{\text{осн.баз.}} = 1,008 \cdot 150 \cdot 1,88 = 284,20 \text{ руб.}$$

$$З_{\text{осн.проектн.}} = 0,42 \cdot 150 \cdot 1,88 = 118,46 \text{ руб.}$$

Для расчётного определения дополнительной заработной платы используем формулу:

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

где $K_{\text{доп}}$ – размер коэффициента, учитывающего величину отчислений на дополнительную заработную плату

Подставив в (4.9) необходимые значения, получим:

$$З_{\text{доп.базов.}} = 284,20 \cdot 12 / 100 = 34,12 \text{ рублей};$$

$$З_{\text{доп.проектн.}} = 118,46 \cdot 12 / 100 = 14,21 \text{ рублей};$$

$$\text{ФЗП}_{\text{базов.}} = 284,20 + 34,12 = 318,32 \text{ рублей};$$

$$\text{ФЗП}_{\text{проектн.}} = 118,46 + 14,21 = 132,67 \text{ рублей.}$$

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

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

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

Подставив в (4.10) необходимые значения, получим:

$$\text{Осс}_{\text{баз.}} = 318,32 \cdot 34 / 100 = 108,23 \text{ руб.}$$

$$\text{Осс}_{\text{проектн.}} = 132,67 \cdot 34 / 100 = 45,11 \text{ руб.}$$

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:

$$A_{\text{об}} = \frac{Ц_{\text{об}} \cdot N_a \cdot t_{\text{маш}}}{F_{\text{э}} \cdot 100} \quad (4.12)$$

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

N_a – принятое значение нормы амортизации оборудования.

Подставив в (4.12) необходимые значения, получим:

$$\dot{A}_{\text{г.а}} = \frac{14000 \cdot 21,1 \cdot 1,008}{4108 \cdot 100} = 0,72 \text{ рублей}$$

$$\dot{A}_{\text{г.д}} = \frac{27400 \cdot 21,1 \cdot 0,42}{4108 \cdot 100} = 0,59 \text{ рублей}$$

Расчётное определение расходов на электроэнергию производим с использованием зависимости:

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

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

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

КПД – значение коэффициента полезного действия технологического оборудования.

Подставив в (4.13) необходимые значения, получим:

$$D_{\dot{Y}-\dot{Y}} \dot{a} = \frac{1,02 \cdot 6 \cdot 0,616 \cdot 1,75}{0,8} \times 1,3 = 10,6 \text{ рублей}$$

$$D_{\dot{Y}-\dot{Y}} \dot{\delta} = \frac{1,02 \cdot 6 \cdot 0,390 \cdot 1,75}{0,8} = 5,2 \text{ рублей}$$

$$Зоб_{баз.} = 0,72 + 10,6 = 11,32 \text{ руб.}$$

$$Зоб_{проектн.} = 0,59 + 5,2 = 5,79 \text{ руб.}$$

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

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

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:

$$P_{пл} = \frac{C_{экспл} \cdot S \cdot t_{шт}}{F_3}, \quad (4.15)$$

где $C_{экспл}$ – расходы на содержание площадей

S – площадь, занятая под оборудование.

Подставив в (4.15) необходимые значения, получим:

$$D_{\dot{I} \dot{E} \dot{A}} = \frac{2000 \cdot 20 \cdot 1,008}{4108} = 9,81$$

$$D_{\dot{I} \dot{E} \dot{A}} = \frac{2000 \cdot 20 \cdot 0,42}{4108} = 4,08$$

Амортизацию площади вычисляем на основании формулы:

$$A_{пл} = \frac{Ц_{пл} \cdot На_{пл} \cdot S \cdot t_{шт}}{F_3 \cdot 100}, \quad (4.16)$$

где $На_{пл}$ – принятое значение нормы амортизации площади;

$Ц_{пл}$ – цена приобретения площадей

Подставив в (4.16) необходимые значения, получим:

$$\dot{A}_{\dot{I} \dot{E} \dot{A}} = \frac{3000 \cdot 5 \cdot 20 \cdot 1,008}{4108 \cdot 100} = 0,73$$

$$\dot{A}_{\dot{E} \dot{I} \dot{D}} = \frac{3000 \cdot 5 \cdot 20 \cdot 0,42}{4108 \cdot 100} = 0,32$$

$$З_{ПЛБаз.} = 9,81 + 0,73 = 10,54 \text{ руб.}$$

$$З_{ПЛПроектн.} = 4,08 + 0,32 = 4,40 \text{ руб.}$$

Расчётное определение величины технологической себестоимости производим на основании зависимости:

$$C_{\text{ТЕХ}} = M + \Phi ЗП + O_{\text{сс}} + З_{\text{ОБ}} + З_{\text{ПЛ}} \quad (4.17)$$

Подставив в (4.17) необходимые значения, получим:

$$C_{\text{ТЕХБаз.}} = 412 + 318,32 + 108,23 + 11,32 + 10,54 = 860,41 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{ТЕХПроектн.}} = 55 + 132,67 + 45,11 + 5,79 + 4,40 = 242,97 \text{ руб.}$$

Расчётное определение величину цеховой себестоимости производим на основании зависимости:

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

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

Подставив в (4.18) необходимые значения, получим:

$$C_{\text{ЦЕХБаз.}} = 860,41 + 1,5 \cdot 284,20 = 860,41 + 426,30 = 1286,71 \text{ руб.,}$$

$$C_{\text{ЦЕХПроектн.}} = 242,97 + 1,5 \cdot 118,46 = 242,97 + 177,69 = 420,66 \text{ руб.}$$

Расчётное определение величины заводской себестоимости производим на основании зависимости:

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

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

Подставив в (4.19) необходимые значения, получим:

$$C_{\text{ЗАВБаз.}} = 1286,71 + 1,15 \cdot 284,20 = 1286,71 + 326,83 = 1613,54 \text{ руб.,}$$

$$C_{\text{ЗАВПроектн.}} = 420,66 + 1,15 \cdot 118,46 = 420,66 + 136,23 = 556,89 \text{ руб.}$$

4.5 Калькуляция заводской себестоимости сварки по базовому и проектному варианту технологии

Таблица 4.2 – Заводская себестоимость сварки

№ п/п	ПОКАЗАТЕЛИ	Условные обозначен ия	Калькуляция., руб	
			Базовый	Проектный
1	Материалы	М	412	55
2	Фонд заработной платы	ФЗП	318,32	132,67
3	Отчисления на соц. нужды	О _{сн}	108,23	45,11
4	Затраты на оборудование	Зоб	11,32	5,79
5	Расходы на площади	Зпл	10,54	4,40
	Себестоимость технологическая	Стех	860,41	242,97
6	Расходы цеховые	Рцех	426,30	177,69
	Себестоимость цеховая	Сцех	1286,71	420,66
7	Расходы заводские	Рзав	326,83	136,23
	Себестоимость заводская	С _{зав}	1613,54	556,89

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:

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

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

$Ц_{\text{ОБ.Б.}}$ – 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.

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

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_A – принятое значение нормы амортизации технологического оборудования (%).

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

$$C_{\text{ОБ.Баз.}} = 330000 - (330000 \cdot 3 \cdot 21,5 / 100) = 122100 \text{ рублей}$$

$$K_{\text{ОБЩБаз.}} = 122100 \cdot 0,90 = 109890 \text{ рублей}$$

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:

$$K_{\text{ОБПроектн.}} = 362000 \cdot 1,05 \cdot 0,57 = 216657 \text{ руб.}$$

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

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.

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

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

Подставив в (4.25) необходимые значения, получим:

$$K_{\text{ДЕМ}} = 330000 \cdot 0,05 = 16500 \text{ руб.}$$

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

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:

$$K_{\text{МОНТ}} = 362000 \cdot 0,05 = 18100 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{СОП}} = 16500 + 18100 = 34600 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{ОБЩПроектн.}} = 216657 + 34600 = 251257 \text{ руб.}$$

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:

$$K_{\text{ДОП}} = 251257 - 109890 = 141367 \text{ руб.}$$

Расчётное определение величины удельных капитальных вложений выполняем с использованием зависимости:

$$K_{\text{УД}} = \frac{K_{\text{ОБЩ.}}}{\Pi_{\text{Г}}}, \quad (4.28)$$

где $\Pi_{\text{Г}}$ – принятое значение годовой программы.

Подставив в (4.28) необходимые значения, получим:

$$K_{\text{УДБаз.}} = 109890/600 = 183,15 \text{ руб./ед.}$$

$$K_{\text{УДПроектн.}} = 251257/600 = 418,76 \text{ руб./ед.}$$

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:

$$\Delta t_{\text{шт}} = \frac{1,008 - 0,42}{1,008} \cdot 100\% = 58,3\%$$

Величину показателя повышения производительности труда определим по формуле:

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

Подставив в (4.30) необходимые значения, получим:

$$П_{\text{Т}} = \frac{100 \cdot 58,3}{100 - 58,3} = 140\%$$

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:

$$\Delta \tilde{N}_{\text{АО}} = \frac{860,41 - 242,97}{860,41} \cdot 100\% = 71,8\%$$

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

$$\mathcal{E}_{\text{У.Г.}} = (C_{\text{ЗАВБ}} - C_{\text{ЗАВПР}}) \cdot П_{\text{Г}} \quad (4.32)$$

Подставив в (4.32) необходимые значения, получим:

$$\mathcal{E}_{\text{У.Г.}} = (1613,54 - 556,89) \cdot 4000 = 4\,226\,600 \text{ руб.}$$

Величину срока окупаемости дополнительных капитальных вложений определим по формуле:

$$T_{ок} = \frac{K_{доп}}{\Delta_{уг}} \quad (4.33)$$

Подставив в (4.33) необходимые значения, получим:

$$T_{ок} = \frac{141367}{4\,226\,600} = 0,08$$

Размер годового экономического эффекта в сфере производства определим по формуле:

$$\Delta_{г} = \Delta_{уг} - E_n \cdot K_{доп} \quad (4.34)$$

Подставив в (4.34) необходимые значения, получим:

$$\Delta_{г} = 4\,226\,600 - 0,33 \cdot 141367 = 4\,193\,600 \text{ руб.}$$

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 сварки.

Установлено, что проектный вариант сварки после своего внедрения в производство даст такие эффекты, как уменьшение трудоемкости на 58,3 %, увеличение производительности труда на 140 %, что уменьшило технологическую себестоимость на 71,8 %. Расчётная величина условно-годовой экономии составила 4,2 млн. рублей.

Величина годового экономического эффекта, полученная с учетом затрат на капитальные вложения в оборудование, составила более 4 млн рублей. Капитальные вложения в оборудование размером будут окуплены за 0,08 года.

На основании вышеизложенного делаем вывод о том, что разработанная технология сварки трубопровода обладает экономической эффективностью.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Цель представленной ВКР – повышение производительности и качества ремонтной сварки на магистральных трубопроводах.

В работе выполнялись следующие задачи: 1) обосновать замену способа сварки на основе современных достижений сварочной науки и техники; 2) обосновать выбор сварочных материалов и оборудования для осуществления сварки и предложить оптимальные параметры режима сварки; 3) составить проектную технологию сварки с применением предложенных ранее технических решений.

В выпускной квалификационной работе предложены технологические мероприятия по повышению эффективности ремонтной сварки магистральных трубопроводов. В проектом варианте технологии предложено произвести замену ручной дуговой сварки на полуавтоматическую сварку проволокой сплошного сечения в среде защитных газов с импульсным управлением сварочной дугой.

Выявлены опасные и вредные производственные факторы, 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.

Проектный вариант сварки после своего внедрения в производство даст такие эффекты, как уменьшение трудоемкости на 58,3 %, увеличение производительности труда на 140 %. Величина годового экономического эффекта, полученная с учетом затрат на капитальные вложения в оборудование, составила более 4 млн рублей.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Воробьев, В.А. Надежность существующих систем трубопроводного транспорта и пути ее повышения / В.А. Воробьев, А.Г. Гумеров, М.Х. Султанов, В.А. Гараева // Программа работы 3-го Конгресса нефтегазопромышленников России, г. Уфа, 22-25 мая 2001 г. – Уфа: Изд-во ТППРБ, 2001. – С. 33–39
2. Гафаров, Н.Н. Анализ отказов и оценка остаточного ресурса трубопроводов и оборудования ОНГКМ / Н.Н. Гафаров, А.Д. Гончаров, В.М. Кушнарченко, Ю.А. Чирков // Тез. докл. 3-й Международной конференции «Диагностика трубопроводов», г. Москва, 21-26 мая 2001 г. – М., 2001. – С. 12.
3. Юхимец, П.С. Экспериментальное обоснование метода расчёта остаточного ресурса трубопроводов с коррозионными повреждениями / П.С. Юхимец, Э.Ф. Гарф, В.А. Нехотящий // Автоматическая сварка. – 2005. – № 11. С. 17–21.
4. Лисин, Ю.В. Совершенствование методов подготовки и проведения капитального ремонта магистральных нефтепроводов: диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук. – Москва: АК «Транснефть». – 1999.
5. Бут, В.С. Развитие технологий ремонта дуговой сваркой магистральных трубопроводов в условиях эксплуатации / В.С. Бут, О.И. Олейник // Автоматическая сварка. – 2014. – № 5. – С. 42–50.
6. ГОСТ 19281-79 Прокат из стали повышенной прочности. Общие технические условия
7. Сорокин, В.Г. Марочник сталей и сплавов / В.Г. Сорокин, А.В. Волосникова, С.А. Вяткин [и др.]. – М.: Машиностроение, 1989. – 640 с.
8. Гриб В. В. Диагностика технического состояния и прогнозирование остаточного ресурса магистральных нефтегазопродуктопроводов. – М.: ЦНИИТЭнефтехим, 2004. – 50 с.

9. ОР-03.100.50-КТН-160-07 Регламент планирования устранения дефектов выборочным ремонтом на магистральных нефтепроводах ОАО «АК «Транснефть»

10. РД 23.040.00-КТН-090-07 Руководящий документ «Классификация дефектов и методы ремонта дефектов и дефектных секций действующих магистральных нефтепроводов»

11. Анализ аварий и несчастных случаев на трубопроводном транспорте / Под ред. Б.Е. Прусенко, В.Ф. Мартынюк. – М.: ООО «Анализ опасностей», 2003.

12. Потапьевский, А.Г. Сварка в защитных газах плавящимся электродом. Часть 1. Сварка в активных газах. Издание 2-е, переработанное. К.: «Екотехнологія», 2007. – 192 с.

13. Потапьевский, А.Г. Сварка сталей в защитных газах плавящимся электродом. Техника и технология будущего: монография / А.Г. Потапьевский, Ю.Н. Сараев, Д.А. Чинахов. – Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2012. – 208 с.

14. Ленивкин В. А., Дюргеров Н. Г., Сагиров Х. Н. Технологические свойства сварочной дуги в защитных газах. – М.: Машиностроение, 1989. – 264 с.

15. 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.

16. Махненко, В.И. Математическое моделирование язвенных дефектов в действующих нефте- и газопроводах и разработка численного метода оценки допустимых режимов дуговой заварки дефектов / В.И. Махненко, В.С. Бут, Е.А. Великоиваненко [и др.] // Автоматическая сварка. – 2001. – № 11. – С. 3–10.

17. Технология электрической сварки металлов и сплавов плавлением / Под ред. Б. Е. Патона. — М.: Машиностроение, 1974. — 767 с.
18. Акулов А.И., Бельчук Г.А., Демянцевич В.П. Технология и оборудование сварки плавлением. — М.: Машиностроение, 1977. — 431 с.
19. Лебедев, В.А. Определение параметров импульсной подачи электродной проволоки при механизированной дуговой сварке и наплавке / В.А. Лебедев // Сварочное производство. - № 8. – 2008. – С. 11-14.
20. Юхимец, П.С. Экспериментальное обоснование метода расчёта остаточного ресурса трубопроводов с коррозионными повреждениями / П.С. Юхимец, Э.Ф. Гарф, В.А. Нехотящий // Автоматическая сварка. – 2005. – № 11. С. 17–21.
21. Алиев, Р.А. Трубопроводный транспорт нефти и газа / Р.А. Алиев, В.Д. Белоусов, А.Г. Немудров [и др.] – М.: Недра, 1988. – 368 с.
22. Гецкин, О.Б. Разработка алгоритма управления переносом электродного металла при сварке в защитных газах и его реализация в многофункциональном сварочном источнике: диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук. – Чеюоксары: НПП «Технотрон». – 2010.
23. Горина, Л. Н. Обеспечение безопасных условий труда на производстве: учебное пособие / Л. Н. Горина. – Тольятти: ТолПИ, 2000. – 68 с.
24. Белов, С. В. Охрана окружающей среды / С. В. Белов. – М.: Машиностроение, 1990. – 372с.
25. Брауде, М. З. Охрана труда при сварке в машиностроении / М. З. Брауде, Е. И. Воронцова, С. Я. Ландо. – М.: Машиностроение, 1978. – 144 с.
26. Манойлов, В. Е. Основы электробезопасности / В. Е. Манойлов. – Л.: Энергоатомиздат, Ленинградское отделение, 1991. – 480 с.

27. Головатюк, А.П. Интенсивность образования аэрозолей при ручной сварке модулированным током / А.П. Головатюк, В.С. Сидорук, О.Г. Левченко и др. // Автоматическая сварка. – 1985. – № 2. – С. 39–40.

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

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

30. Егоров, А. Г. Правила оформления выпускных квалификационных работ по программам подготовки бакалавра и специалиста: учебно-методическое пособие / А. Г. Егоров, В. Г. Виткалов, Г. Н. Уполовникова, И. А. Живоглядова – Тольятти, 2012. – 135 с.