

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)

«Оборудование и технология сварочного производства»

(направленность (профиль)/специализация)

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)**

на тему «Технология сварки тройниковых соединений
на магистральных газопроводах»

Студент

М.И. Крепчук

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

д-р техн. наук, профессор В.В. Ельцов

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

Консультанты

к.т.н., доцент Н.В. Зубкова

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

к.т.н., доцент А.Н. Москалюк

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

Тольятти 2020

Аннотация

Природный газ может считаться самым эффективным энергоносителем, который обеспечивает потребности домохозяйств в энергии и тепле. Развивающийся в настоящее время кризис предъявляет серьезные требования к обеспечению бытового комфорта россиян. Расширение области применения природного газа позволит не только уменьшить финансовую нагрузку на население городов и деревень, но и существенно снизить загрязнение окружающей среды.

Выпускная квалификационная работа посвящена вопросу повышения эффективности технологи выполнения тройниковых соединений на магистральных трубопроводах. В соответствии с базовой технологией сварка тройникового соединения трубопровода выполняется с применением ручной дуговой сварки штучными электродами.

На основании проведенного анализа возможных способов сварки принято решение о замене ручной дуговой сварки штучными электродами на механизированную сварку в защитном газе. За счёт замены способа сварки и применения импульсного управления сварочной дугой предполагается получить снижение трудоемкости сварки и повышение качества сварочных швов.

Выполнен анализ проектной технологии ремонтной сварки на предмет наличия опасных и вредных производственных факторов.

Рассчитанный годовой экономический эффект с учетом капитальных вложений составляет 0,95 млн. рублей.

Результаты выпускной квалификационной работы могут быть внедрены в производство при выполнении тройниковых соединений (при врезке в магистральные и технологические трубопроводы).

Содержание

Введение	5
1 Анализ состояния вопроса	7
1.1 Особенности выполнения и эксплуатации тройниковых соединений трубопроводов	7
1.2 Сведения о материале конструкции	11
1.3 Особенности выполнения базовой технологии сварки.	12
1.4 Анализ альтернативных способов сварки	18
1.5 Задачи выпускной квалификационной работы	23
2 Проектная технология сварки	24
2.1 Выбор оптимальных параметров режима сварки	24
2.2 Повышение эффективности механизированной сварки в среде защитных газов	25
2.3 Описание технологических операций	26
2.4 Оборудование для осуществления технологии	30
3 Безопасность и экологичность предлагаемых технических решений	35
3.1 Технологическая характеристика объекта	35
3.2 Профессиональные риски при реализации предложенных технических решений	36
3.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков	38
3.4 Обеспечение пожарной безопасности	39
3.5 Обеспечение экологической безопасности технологического объекта	40
3.6 Заключение по разделу	41
4 Экономическая эффективность предлагаемых	

технологических решений	42
4.1 Вводная информация для выполнения экономических расчётов . .	42
4.2 Расчёт фонда времени работы оборудования	44
4.3 Расчет штучного времени	45
4.4 Расчет заводской себестоимости вариантов технологии сварки . . .	49
4.5 Размер капитальных затрат реализации операций по базовому и проектному вариантам	56
4.6 Расчётное определение показателей экономической эффективности предлагаемых решений	60
Заключение по экономическому разделу	62
Заключение	64
Список используемой литературы	65

Введение

Основным силовым воздействием при определении толщины стенок тройникового соединения, также как и прямолинейного участка трубопровода, является внутреннее давление [1, 2]. Однако напряженно-деформированное состояние тройника и прямой трубы существенно отличается. Это относится и к напряжённо-деформированному состоянию в зоне объёмных поверхностных дефектов указанных элементов трубопровода. Поскольку в процессе перекачки транспортируемого продукта трубопроводы подвергаются повторным нагрузкам [2], указанные особенности напряжённо-деформированного состояния в области объёмно-поверхностных дефектов, расположенных в различных зонах тройникового соединения должны быть рассмотрены в связи с расчетно-экспериментальной оценкой прочности поврежденных тройников при циклическом изменении внутреннего давления. Характеристики напряжённо-деформированного состояния и циклической прочности тройниковых соединений при расположении в них дефектов представлены в работе [2].

Применение природного газа в качестве топлива позволяет повысить эффективность передачи теплоты, делает возможным проектирование и внедрение высокоэкономичных тепловых агрегатов, которые будут обладать меньшими габаритами и стоимостью, более высоким коэффициентом полезного действия.

Природный газ может считаться самым эффективным энергоносителем, который обеспечивает потребности домохозяйств в энергии и тепле. Развивающийся в настоящее время кризис предъявляет серьёзные требования к обеспечению бытового комфорта россиян. Расширение области применения природного газа позволит не только уменьшить финансовую нагрузку на население городов и деревень, но и существенно снизить загрязнение окружающей среды.

Проведение подключения новых потребителей газа, реконструкции

узлов переключения и монтажа перемычек производится с применением прямых врезок в магистральный газопровод и приваркой отводов.

Одной из распространенных операций при монтаже новых трубопроводов, ремонте и модернизации действующих трубопроводов является врезка. Вновь смонтированные линии подключают к действующим трубопроводам, обычно к установленной на них запорной арматуре или к патрубкам.

Врезка является ответственной операцией, поэтому ее необходимо выполнять под наблюдением технического персонала. При выполнении врезки применяется ручная дуговая сварка покрытыми электродами. Этот способ сварки не только отличается к тяжёлыми условиями труда сварщика, но и малопроизводителен, сопровождается потерей электродов на разбрызгивание и огарки. Также следует отметить, что качество ручной дуговой сварки очень сильно зависит от квалификации сварщика, при выполнении таких сложных и ответственных соединений, как тройниковые, могут в недопустимом количестве возникать дефекты, а соединение приходится браковать. Таким образом, этот способ не позволяет достигнуть высокой производительности.

Поэтому актуальная цель выпускной квалификационной работы – повышение производительности и качества сварочных операций при выполнении тройниковых соединений на магистральных газопроводах.

1 Анализ состояния вопроса

1.1 Особенности выполнения и эксплуатации тройниковых соединений трубопроводов

Основным силовым воздействием при определении толщины стенок тройникового соединения, также как и прямолинейного участка трубопровода, является внутреннее давление [1].

Однако напряженно-деформированное состояние тройника и прямой трубы существенно отличается. Это относится и к напряженно-деформированному состоянию в зоне объемных поверхностных дефектов указанных элементов трубопровода. Поскольку в процессе перекачки транспортируемого продукта трубопроводы подвергаются повторным нагрузкам [1, 2], указанные особенности напряженно-деформированного состояния в области объемно-поверхностных дефектов, расположенных в зонах II, IV и V (рис. 1.1) могут быть рассмотрены в связи с расчетно-экспериментальной оценкой прочности поврежденных тройников при циклическом изменении внутреннего давления. Характеристики напряженно-деформированного состояния и циклической прочности тройника при расположении дефекта в зонах I и III представлены в работе [2].

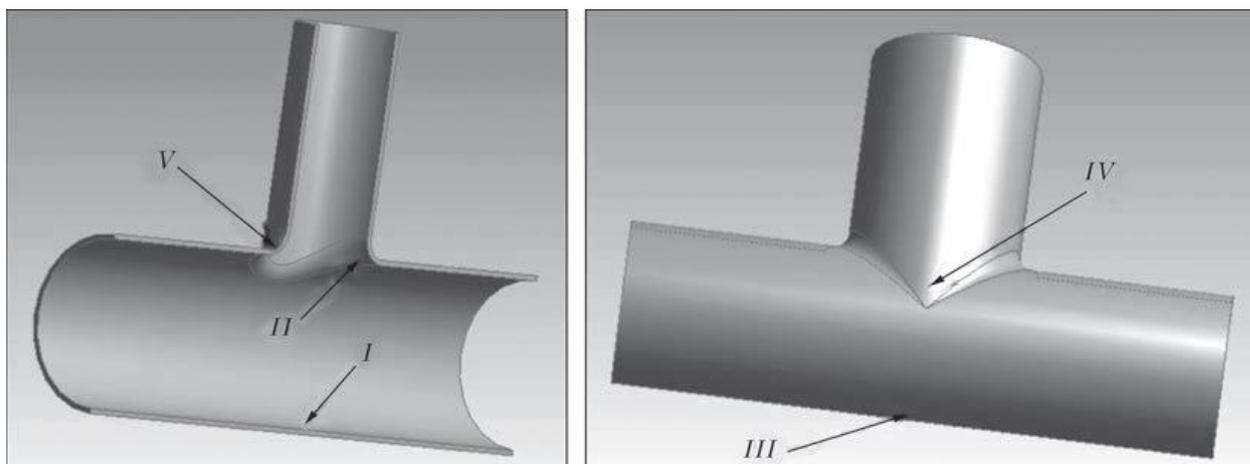
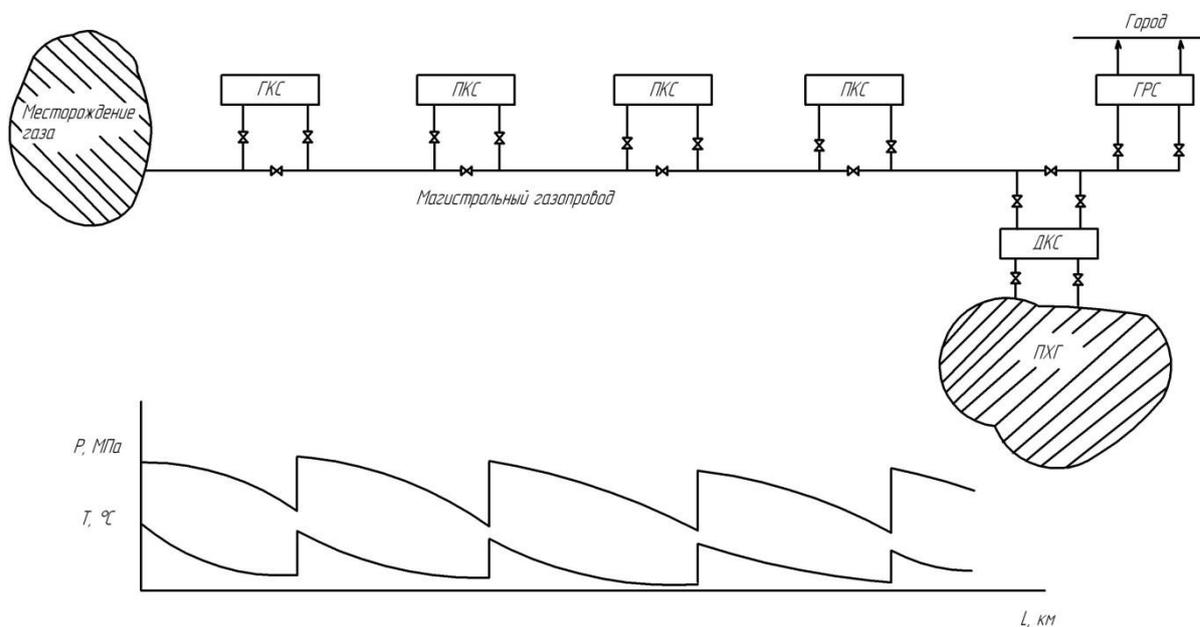


Рисунок 1.1 – Характерные зоны тройникового соединения (указаны стрелками)

При подключении новых потребителей газа, проведении реконструкции узлов переключения и монтаже перемычек приходится выполнять тройниковое соединение с приваркой отводов (рис. 1.2).



ГРС – газораспределительная станция; ДКС – дожимная компрессорная станция; ГКС – головная компрессорная станция; ПКС – промежуточная компрессорная станция; ПХГ – подземное хранилище газа

Рисунок 1.2 – Схема газопровода и изменения давления и температуры газа вдоль трассы

В качестве главной особенности, присущей подобным конструкциям, следует отметить потерю стенкой трубопровода своей несущей способности, что происходит из-за повышенной концентрации напряжений по периметру выполняемого отверстия в трубе. Также при осуществлении врезки повышается вероятность образования свищей, которые могут привести к разгерметизации участка трубопровода.

Согласно работе [3] круглое отверстие, выполняемое на трубе без усиления, приводит к местному увеличению напряженного состояния в 2...3 раза. При этом потеря несущей способности трубы должна быть компенсирована за счёт увеличения толщины стенки трубы в 1,5...2 раза. Повышение напряжений наблюдается на области в пределах одного диаметра

выполняемого технологического отверстия. Самым простым и наиболее применяемым способом компенсации потери несущей способности трубопровода при выполнении тройникового соединения является приварка накладок.

В России при строительстве магистральных трубопроводов используется три вида тройниковых соединений:

- устройство тройникового соединения с применением патрубка («труба в трубу»), этот вид соединения применяется, если диаметр магистральной трубы превышает диаметр трубы ответвления более чем в 5 раз;
- устройство тройникового соединения с применением патрубка и усиливающей накладки, этот вид соединения применяется, если диаметр магистральной трубы превышает диаметр трубы ответвления в 2...5 раз;
- применение тройников, если диаметр магистральной трубы превышает диаметр трубы менее чем в 2 раза или равен ему.

Такие конструкции имеют как преимущества, так и недостатки. Первый вид тройникового соединения (с применением патрубков) обладает недостаточной прочностью и может применяться только в достаточно узком диапазоне соотношений диаметров магистральной трубы и трубы ответвления.

Второй вид тройникового соединения (с применением патрубка и усиливающей накладки) характеризуется существенным короблением накладки при сварке. Эти коробления не позволяют обеспечить полное прилегание накладки к магистральной трубе. Трудности выполнения внутренних швов, которые сваривают в процессе приварки накладки к патрубку и к основной трубе, вызывают получение большого числа дефектов (рис. 1.3). Подача по магистральному трубопроводу газа с номинальным давлением приводит к концентрации силовых потоков на границе внешнего сварного шва накладки и основной трубы [4]. В свою очередь это существенно повышает вероятность образования трещины и её прорастания в основной металл трубы (рис. 1.4).

Третий вид тройникового соединения (с применением штампосварных тройников) также не позволяет добиться полного устранения концентрации напряжений [4]. Например, если диаметры отводящей трубы и магистральной трубы относятся как 0,7 или менее, в высшей точке пересечения этих труб обнаруживается максимальная концентрация напряжений (рис. 1.5), мало зависящая от толщины стенки магистральной трубы.

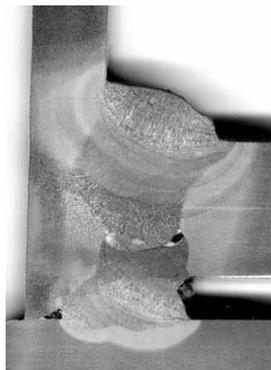


Рисунок 1.3 – Образование характерных сварочных дефектов при выполнении внутреннего шва приварки накладки

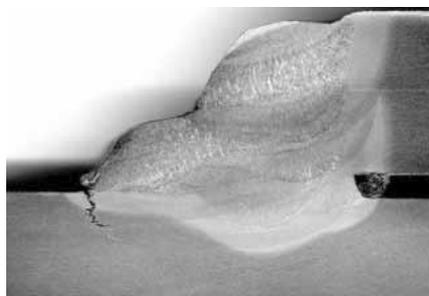


Рисунок 1.4 - Образование на участке перехода от внешнего сварного шва накладки к магистральной трубе

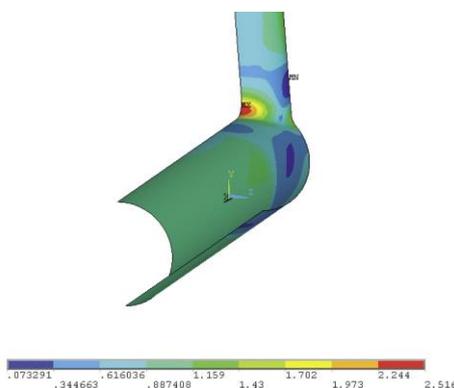


Рисунок 1.5 - Коэффициенты концентрации напряжений в тройнике

1.2 Сведения о материале конструкции

Строительство рассматриваемого магистрального трубопровода производится с использованием стальных труб из стали 09Г2С. Эта сталь - низколегированная конструкционная, которая предназначена для строительства ответственных конструкций с использованием сварки. Сварные металлические конструкции из стали 09Г2С могут работать под давлением, отрицательных температурах (до $-70\text{ }^{\circ}\text{C}$) и повышенных температурах (до $+425\text{ }^{\circ}\text{C}$). При сварке металлических конструкций сталь 09Г2С может быть заменена сталью 09Г2 и 09Г2Т, 09Г2ДТ и 10Г2С.

Таблица 1.1 – Содержание химических элементов в стали 09Г2С

С	Mn	Si	Ni	S	P	Cu
0,12	1,3...1,7	0,5..0,8	до 0,3	до 0,04	до 0,035	до 0,3

Исследования свойств сварных соединений из углеродистых и низколегированных сталей, который были выполнены с применением сварки плавлением [5], позволили установить, что структура и свойства зон сварного соединения имеют существенную неоднородность. В зоне термического влияния обнаружены нежелательные крупнозернистые структуры, высокие остаточные макро- и микронапряжения. Вследствие обнаруженных нежелательных структурных изменений сварные соединения этих сталей обладают пониженными механическими и эксплуатационными свойствами. В результате возникновения остаточных напряжений происходит ускорение коррозионных процессов в металле шва по сравнению. Остаточные напряжения могут стать причинами возникновения трещин, повышают склонность конструкции к хрупким разрушениям, увеличивают скорость протекания коррозионных процессов с металле сварного шва и околошовной зоне по сравнению с основным металлом.

При сварке металлических конструкций необходимо добиваться равнопрочности металла сварного шва и основного металла. Для этого

сварной шов легируют различными элементами. Часть элементов переходит из сварочного электрода, а частично – из основного металла.

Повышение стойкости сварного шва против трещин достигается за счёт снижения содержания в металле серы и углерода. Для этого при сварке необходимо применять сварочную проволоку, имеющую пониженное содержание этих элементов.

Влияние нагрева при сварке на прочностные характеристики трубных сталей, свариваемость этих сталей различными способами представлены в работе [6].

Металлургические и термические процессы при сварке стали 09Г2С несколько отличаются от случая сварки низкоуглеродистых сталей. Сталь 09Г2С имеет большую склонность к образованию закалочных структур в металле шва и околошовной зоне. Из-за увеличения скорости охлаждения при сварке стали 09Г2С в сварных швах может наблюдаться образование мартенсита, бейнита и остаточного аустенита. При этом мартенсит имеет бесструктурный характер. Образующийся бейнит обнаруживается в виде феррито-карбидной смеси и имеет высокую степень дисперсности. В зависимости от температурного цикла при сварке эти структурные составляющие обнаруживаются с сварном шве в различных количествах. При уменьшении погонной энергии наблюдается увеличение количества мартенсита, бейнита и остаточного аустенита, также увеличивается их дисперсность.

1.3 Особенности выполнения базовой технологии сварки

При выполнении тройниковых соединений с усиливающей накладкой следует предотвратить появление непроваров в угловых швах. Изготовление усиливающих накладок должно быть проведено заблаговременно в базовых (стационарных) условиях. Для изготовления усиливающей накладки

применяется труба того же класса прочности, что и для магистральной трубы.

Расстояние между сварным швом патрубка (привариваемой усиливающей накладкой) и кольцевым стыком на трубопроводе должно быть не менее 250 мм. Расстояние между сварным швом патрубка (привариваемой усиливающей накладкой) и продольным сварным швом на трубопроводе должно быть не менее 250 мм. Отклонение от перпендикулярности оси патрубка к оси магистрали должна быть не более $1,0^\circ$; смещение осей патрубка и основной трубы должно быть не более 5,0 мм. При отрицательной температуре необходимо выполнить местный подогрев места реза до температуры не ниже 50°C . Перпендикулярность и соосность при сборке обеспечивается благодаря применению специальных инструментов и оснастки (угольник, теодолит, отвес, уровень и др.).

При назначении параметров режима сварки тройниковых соединений труб следует учитывать требования к качеству сварных соединений:

- растрескивание металла в зоне сварного шва и околошовной зоне недопустимы;
- прожоги стенки трубы недопустимы;
- наличие водородного растрескивания недопустимо.

При сварке используют постоянный ток обратной полярности («+» на электроде). В таблице 1.2 приведены параметры режима сварки, на которых рекомендовано выполнять стыковые, угловые и нахлесточные соединения в тройниковых соединениях при строительстве и ремонте магистральных газопроводов.

При сварке каждого валика шва его следует разбивать на участки, общее количество которых не должно быть менее 6-ти. Каждый последующий участок должен быть диаметрально противоположен предыдущему участку. Направление сварки каждого последующего участка должно совпадать с направлением сварки предыдущего участка при вертикальной врезке либо должно быть противоположным направлению

сварки предыдущего участка при горизонтальной врезке. Во всех случаях сварка должна выполняться на подъем.

Таблица 1.2 – Значения параметров режима сварки

Слои	Марка электрода	Ø, мм	Полярность	Ток, А
Корневой	ОК-53.70 или LB-52U	2,5	обратная	70 – 90
		3,2		80 – 120
Заполняющие	ОК 53.70	3,2	обратная	90 – 120
		4		130 – 170
Облицовочный	ОК 53.70	3,2	обратная	80 – 110
		4		130 – 160

«Замки» смежных слоев должны быть смещены друг от друга на расстояние от 25 до 30 мм.

Угловые швы «патрубок - основная труба», выполняемые с усиливающими накладками, должны контролироваться методами НК до выполнения сборки и сварки усиливающих накладок.

Сварка прямых врезок в монтажных условиях должна выполняться за один цикл без перерывов. Прямые врезки с диаметром трубы ответвления до 325 мм включительно выполняются одним сварщиком, с диаметром трубы ответвления свыше 325 мм - двумя сварщиками. В случае снижения межслойной температуры ниже 100°C, а также вынужденных перерывов в работе необходимо выполнить сопутствующий подогрев до температуры не ниже температуры предварительного подогрева.

В процессе сварки необходимо проведение приемочного пооперационного визуального контроля каждого слоя шва. Необходимо обеспечить своевременное устранение видимых дефектов швов.

При сварке следует выполнять послойную зачистку сварного шва с применением механических шлифмашинок.

Сварка по базовой технологии обладает следующими недостатками:

- 1) возникновение большого количества дефектов сварного шва (табл. 1.3);
- 2) ручная дуговая сварка обладает низкой производительностью;

3) из-за разбрызгивания и наличия огарков увеличиваются потери электродного металла.

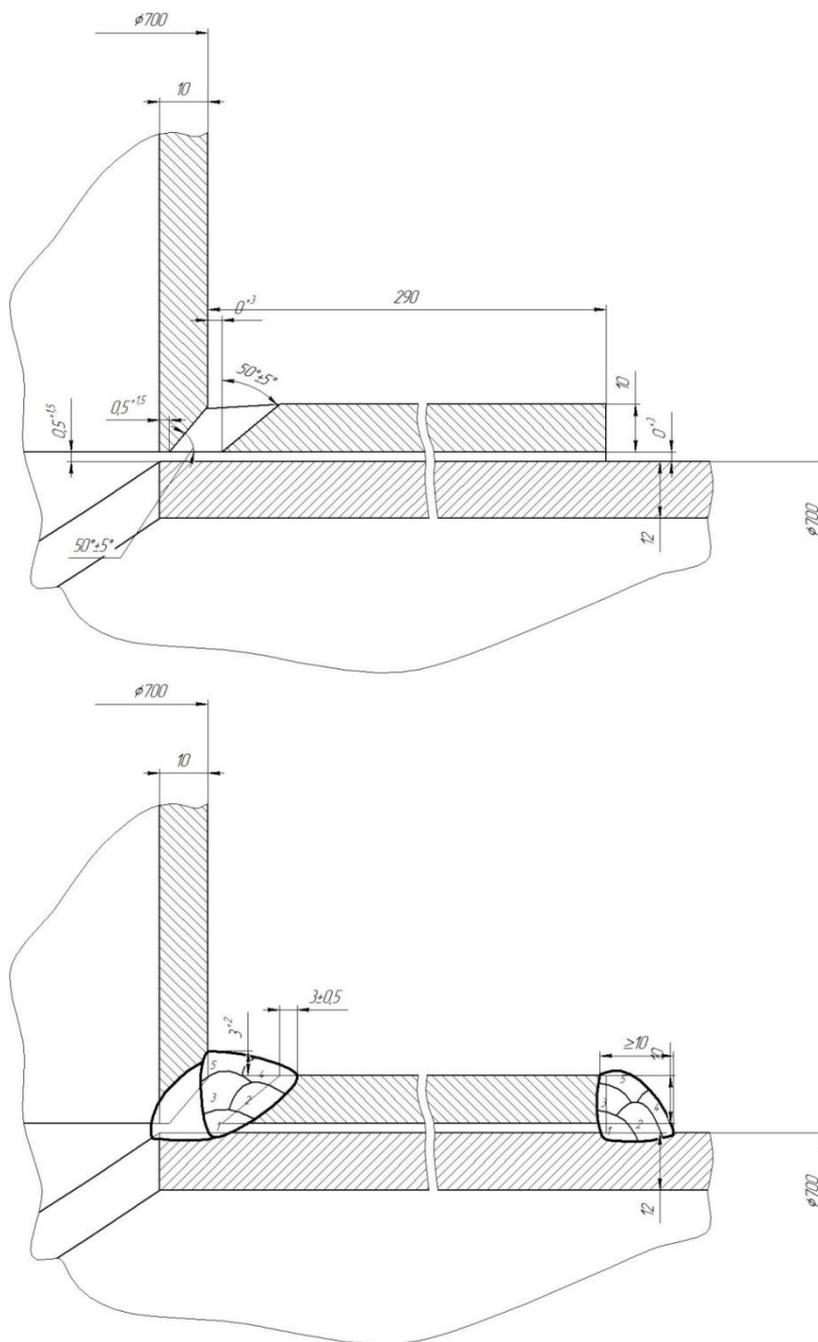
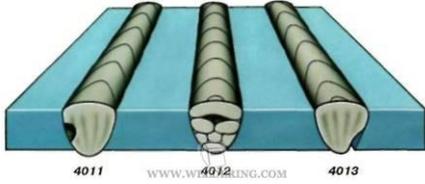
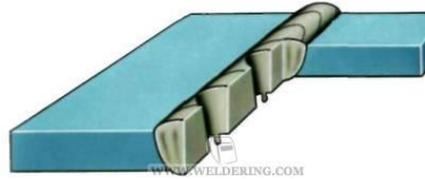
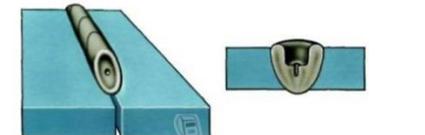
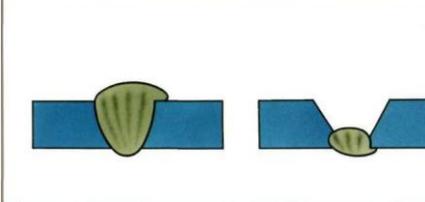
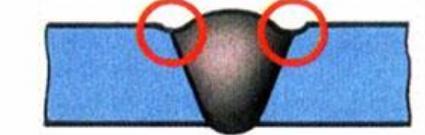
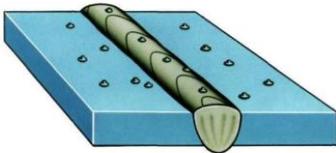
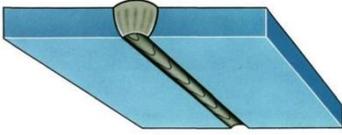
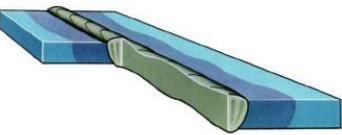
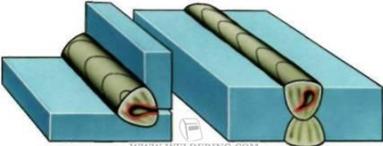
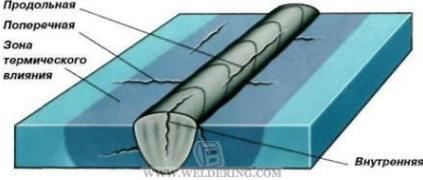
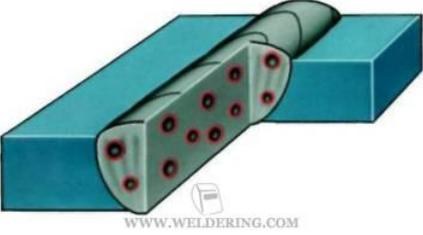
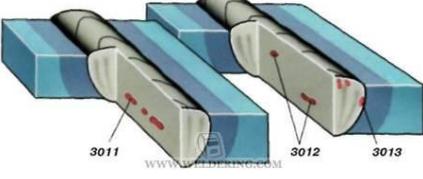


Рисунок 1.6 – Сборка и сварка тройникового соединения с усиливающей накладкой

Таблица 1.3 – Сведения о дефектах сварки по базовой технологии [7, 8]

Дефекты	Вид дефекта	Причины образования дефектов
1	2	3
<p>Непровары</p> <ul style="list-style-type: none"> - в корневом слое; - в заполнении; - на границе с основным металлом; 		<ol style="list-style-type: none"> 1) нарушение подготовки поверхностей; 2) некачественное проведение зачистки шва после выполнения прохода; 3) чрезмерная величина притупления; 4) неправильный выбор формы разделки; 5) смещение в процессе сварки электрода; 6) недостаточная погонная энергия; 7) мала величина зазоров;
<p>Прожоги</p> <ul style="list-style-type: none"> - одиночный; - протяженный; - дискретный 		<ol style="list-style-type: none"> 1) чрезмерное смещение кромок при сборке; 2) повышенное значение погонной энергии; 3) коробление деталей при сварке 4) слишком большая величина зазора; 5) недостаточная величина притупления кромок;
<p>Кратеры</p>		<ol style="list-style-type: none"> 1) нарушение техники сварки
<p>Наплывы на сварном соединении</p>		<ol style="list-style-type: none"> 1) смещение электрода при сварке; 2) чрезмерная длина дуги (повышенное напряжение); 3) чрезмерная величина сварочного тока; 4) недостаточный наклон электрода (неправильное ведение) 5) чрезмерная скорость сварки
<p>Подрезы зоны сплавления.</p> <ul style="list-style-type: none"> -односторонние; -двухсторонние 		<ol style="list-style-type: none"> 1) чрезмерная длинная дуга; 2) чрезмерная величина сварочного тока; 3) недостаточный наклон электрода (неправильное ведение) 4) чрезмерная величина скорости сварки

Продолжение таблицы 1.3

1	2	3
Брызги металла		<ul style="list-style-type: none"> - несоблюдение техники сварки; - длинная дуга.
Вогнутость корня шва		<ul style="list-style-type: none"> 1) большие зазоры; 2) малое притупление кромок.
Занижение шва		<ul style="list-style-type: none"> 1) нарушение техники сварки 2) чрезмерная величина угла разделки кромок; 3) чрезмерный зазор кромок;
Свищ сварного шва.		<ul style="list-style-type: none"> 1) низкое качество основного металла; 2) нарушение газовой защиты.
Трещины: - поверхностные; - внутренние; - сквозные; - продольные; - поперечные; - разветвленные		<ul style="list-style-type: none"> 1) нарушение газовой защиты; 2) превышение времени между сваркой и термообработкой; 3) низкое качество основного металла. 4) чрезмерно большая скорость охлаждения;
Поры сварного шва: -одиночные; -рассеянные; -скопления; -цепочка.		<ul style="list-style-type: none"> 1) низкое качество основного металла. 2) применение отсыревших электродов; 3) чрезмерная длина дуги; 4) нарушение подготовки свариваемых кромок; 5) нарушение газовой защиты; 6) чрезмерный диаметр электрода; 7) чрезмерная скорость сварки;
Включения: -шлаковые; -оксидные; -нитридные.		<ul style="list-style-type: none"> 1) нарушение технологии сварки; 2) нарушения подготовки поверхности деталей; 3) нарушение газовой защиты. 4) низкое качество основного металла;

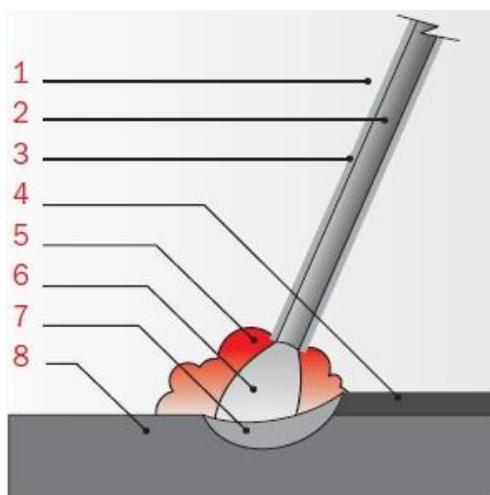
1.4 Анализ альтернативных способов сварки

При проведении процесса **ручной дуговой сварки** (рис. 1.7) металл свариваемого изделия и сварочный электрод выступают анодом и катодом. Сварочным электродом является металлический стержень, который покрыт слоем особого состава (обмазка электрода). Назначение такого покрытия – стабилизировать сварочную дугу, защищать и легировать расплавленный металл сварочной ванны. Существует четыре вида покрытия [10]: основное, целлюлозное, рутиловое и кислое. Сварку рассматриваемых трубопроводов разрешено производить только электродами первых двух видов (основное и целлюлозное). В зависимости от вида покрытия электродов по-разному происходит взаимодействие с металлом в процессе сварки. Химический состав металла изделия и выбранная технология сварки определяют химический состав металла применяемых электродов и их покрытия.

При коротком замыкании происходит возбуждение электрической дуги. При этом происходит следующий процесс: в зоне контакта на катоде происходит образование катодного пятна, сильный нагрев которого вызывает катодную эмиссию (испусканию электронов с поверхности) при приложении напряжения в 60...70 В. Для возникновения сварочной дуги как газового разряда необходимо наличие заряженных частиц. Эти частицы образуются в результате термической, или ударной ионизации. Электроны, которые были эмитированы катодом, в результате соударения с нейтральными ионами приводят к появлению ионов. Происходит возникновение в газовом промежутке между двумя электродами носителей электричества – отрицательно заряженных электронов и положительно заряженных ионов. Таким образом, создаются условия для горения сварочной дуги, тепло от которой используется при сварке.

Металл сварного шва является закристиллизовавшимся металлом сварочной ванны. Он состоит из смеси основного металла и электродов. Физико-химические характеристики металла шва зависят от правильности

выбора технологии сварки, от качества проведения сварочных операций, правильного выбора режимов и проведения операции термической обработки сварного шва.



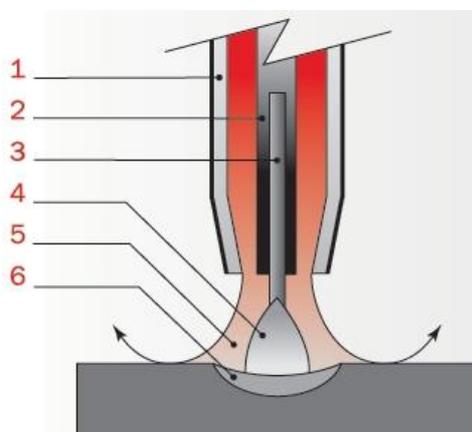
1 – Электрод; 2 – Сердцевина; 3 – Покрытие; 4 – Шлак; 5 – Газовая защита; 6 – Сварочная дуга; 7 – Расплав; 8 – Материал основы

Рисунок 1.7 – Схема процесса ручной дуговой сварки штучными электродами

Преимуществами этого способа являются простота применяющегося оборудования, составления технологии и метрологического обеспечения. При условии обеспечения равномерного плавления металла электрода и обмазки можно гарантировать качественную шлаковую защиту наплавленного слоя. За счёт обмазки электрода существует возможность дополнительного легирования наплавленного металла. Несмотря на своё широкое и давнее применение, ручная дуговая наплавка имеет ряд недостатков, которые в настоящий момент заставляют искать более перспективные способы восстановления деталей. Первым таким недостатком является малая производительность наплавочных работ. Вторым недостатком является тяжёлые условия ручного труда сварщика. Третьим недостатком является малая стабильность качества наплавки, которая существенно зависит от технологических факторов и от квалификации самого сварщика. Также следует отметить, что частая смена электродов вызывает

периодическое прерывание процесса наплавки и потери электродного металла на огарки [11, 12].

Механизированная сварка проволокой сплошного сечения в среде защитных газов (рис. 1.8) достаточно широко распространена и в настоящее время продолжает совершенствоваться. При этом достаточно широк диапазон применяемых сварочных материалов от малоуглеродистых сталей до среднелегированных сталей и даже нержавеющей сталей. Углекислый газ, являющийся защитной средой, считается легкодоступным и относительно недорогим.



1 – Сопло; 2 – Наконечник; 3 – Проволока-электрод; 4 – Сварочная дуга;
5 – Газовая защита; 6 – Сварочная ванна

Рисунок 1.8 – Схема механизированной сварки в среде защитных газов

Совершенствованию сварки в углекислом газе посвящено большое количество работ [13, 14, 15]. Их анализ позволяет сделать вывод, что, улучшение условий формирования металла сварного шва может быть достигнуто при управляемом переносе расплавленного электродного металла в сварочную ванну. Импульсное управление электрическими параметрами сварочной дуги и постоянное изменение скорости подачи электродной проволоки широко применяются в таких процессах, как ColdArc, SpeedPulse, STT, Fast Root CMT и PulseShock.

Механизированная сварка в защитных газах обладает следующими преимуществами: 1) относительная простота оборудования и его малая

стоимость (если не принимать во внимание интеллектуальные источники питания); 2) возможность получения для сварочной ванны хорошей газовой защиты (при условии отсутствия осадков и ветра); 3) высокая производительность на форсированных режимах. Следует также отметить ещё одно преимущество механизированной сварки в среде защитных газов – это повышенная вязкость расплавленного металла, позволяющая производить сварку стыковых швов на весу и производить механизацию сварки неповоротных стыков в разных пространственных положениях.

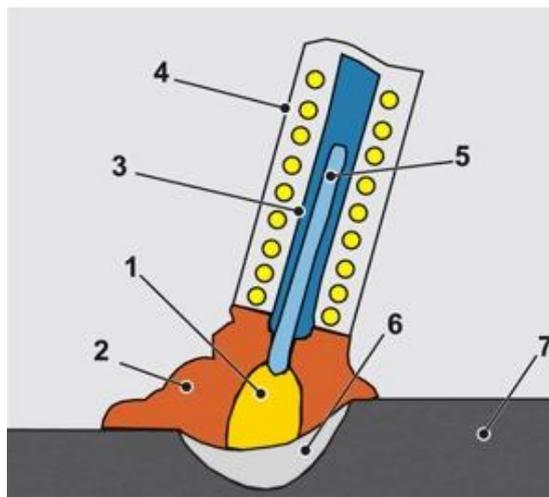
Механизированная сварка в среде активных газов имеет и недостатки. Первым недостатком является необходимость использования механизма подачи проволоки, стабильность работы которого существенно сказывается на качестве сварных соединений [16, 17]. Вторым недостатком, существенно снижающим мобильность сварщика, является необходимость использования газовых баллонов. Третьим недостатком является повышенное разбрызгивание электродного металла, которое увеличивается при переходе на форсированные режимы сварки, что существенно ограничивает производительность этого способа сварки.

Сварка самозащитными порошковыми проволоками (рис. 1.9) обладает положительными свойствами как ручной дуговой сварки, так и механизированной сварки проволоками сплошного сечения. Эта сварка предоставляет существенные производственные преимущества, особенно в монтажных условиях. При сварке самозащитными проволоками отсутствует необходимость в газовой аппаратуре (баллоны, шланги, редукторы), флюсах и флюсовой аппаратуре, применение которых может существенно усложнить процесс сварки и увеличить его трудоемкость [18, 19].

При сварке под флюсом (рис. 1.10) горение сварочной происходит между сварочным электродом и наплавляемым изделием. При этом на поверхности изделия образуется ванночка расплавленного металла. Сам участок горения дуги покрыт толстым слоем сыпучего флюса. Под действием дуги происходит частичное расплавление флюса, в нём образуется полость с

эластичной оболочкой из шлака, в которой и горит сварочная дуга. Слой расплавленного шлака защищает жидкий и перегретый металл от контакта с воздухом, устраняет разбрызгивание электродного металла, сохраняет тепло сварочной дуги.

Остановим свой выбор на механизированной сварке в среде углекислого газа, которая обеспечивает хорошую стабильность качества и высокую производительность.



1 – сварочная ванна; 2 – газовая защита; 3 – наконечник направляющей проволоку трубки; 4 – сопло; 5 – проволока-электрод; 6 – сварочная ванна; 7 – наплавленный металл шва

Рисунок 1.9 – Схема сварки порошковой проволокой

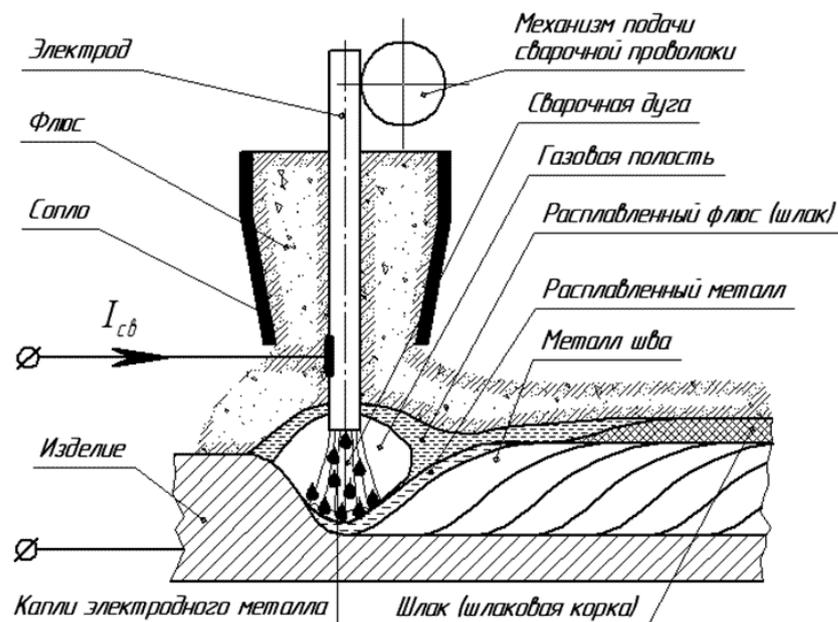


Рисунок 1.10 – Схема сварки под флюсом

1.5 Задачи выпускной квалификационной работы

В работе была поставлена цель – повышение производительности и качества сварочных операций при выполнении тройниковых соединений на магистральных газопроводах.

Сварка по базовой технологии обладает следующими недостатками:

- 1) возникновение большого количества дефектов сварного шва;
- 2) ручная дуговая сварка обладает низкой производительностью;
- 3) из-за разбрызгивания и наличия огарков увеличиваются потери электродного металла.

В ходе анализа возможных способов сварки были рассмотрены: ручная дуговая сварка штучными электродами, механизированная сварка в защитных газах проволокой сплошного сечения, сварка под флюсом, сварка самозащитной порошковой проволокой. На основании обзора преимуществ и недостатков каждого способа было принято решение проектную технологию выполнять с использованием механизированной сварки в углекислом газе проволокой сплошного сечения. Недостатками этого способа сварки являются: 1) увеличение разбрызгивания при переходе на форсированные режимы сварки; 2) связанное с этим ограничение производительности сварки; 3) возникновение большого числа дефектов, связанных с повышенной вязкостью расплавленного металла, сложность формирования качественного корневого слоя шва.

Таким образом, для достижения поставленной цели необходимо решение следующих задач:

- 1) Предложить меры по повышению технологических свойств механизированной сварки в углекислом газе;
- 2) Разработать технологический процесс и предложить оборудование для выполнения тройникового соединения применением механизированной сварки в углекислом газе.

2 Проектная технология сварки

2.1 Выбор оптимальных параметров режима сварки

Значение $I_{св}$ силы сварочного тока должно быть назначено исходя из условия получения гарантированного провара основного металла на необходимую глубину, для этого воспользуемся формулой:

$$I_{св} = \frac{\pi \cdot d_э^2}{4} \cdot a = \frac{3,14 \cdot 1,2^2}{4} \cdot 130 = 150 \text{ А}, \quad (2.1)$$

где $d_э$ – диаметр электродной проволоки, мм, принимаем 1,2 мм;

a – плотность тока, при которой обеспечивается минимальное проплавление основного металла, принимается из диапазона 110...130 А/мм².

Назначение коэффициента расплавления электродной проволоки производим с использованием формулы:

$$a_p = 3,0 + 0,08 \frac{I_{св}}{d_э} = 3,0 + 0,08 \frac{150}{1,2} = 13 \text{ г/А} \cdot \text{ч}. \quad (2.2)$$

Назначение скорости подачи электродной проволоки выполним исходя из расчётов по формуле:

$$V_{п} = \frac{4 \cdot \alpha_p \cdot I_{св}}{\pi \cdot d_{эл}^2 \cdot \gamma} = \frac{4 \cdot 13 \cdot 150}{3,14 \cdot 1,2^2 \cdot 7,8} = 221 \text{ м/ч} \quad (2.3)$$

где $I_{св}$ – принятое значение сварочного тока, А;

α_p – принятое значение коэффициента расплавления электродной проволоки;

γ – плотность наплавленного металла, принимаемая $\gamma=7,8$ г/см³;

$d_{эл}$ – диаметр электродной проволоки, мм, который ранее был принят как $d_{эл}=1,2$ мм.

С учётом литературных данных и выполненных расчётов назначим параметры режима сварки:

- минимальное число слоёв – 3;
- диаметр проволоки – 1,2 мм;

- полярность – обратная;
- среднее напряжение на дуге от 16,0 до 18,5 В;
- скорость подачи сварочной проволоки от 2,5 до 4,7 м/мин;
- длительность предварительной подачи газа 0,5 с;
- длительность послесварочной подачи газа от 0,5 до 1,0 с;
- оптимальный вылет сварочной проволоки от 5,0 до 10 мм;
- ток сварки – 130...180 А;
- расход газа – 7...9 л/мин.

2.2 Повышение эффективности механизированной сварки в среде защитных газов

Совершенствованию наплавки в углекислом газе посвящено большое количество работ. Их анализ позволяет сделать вывод, что, улучшение условий формирования наплавленного металла может быть достигнуто при управляемом переносе расплавленного электродного металла в сварочную ванну. Импульсное управление электрическими параметрами сварочной дуги и постоянное изменение скорости подачи электродной проволоки широко применяются в таких процессах, как ColdArc, SpeedPulse, STT, Fast Root [20...23]. В работах [24...26] описано комбинированное электромеханическое управление которое применено в процессах СМТ и PulseShock.

В настоящее время нашли промышленное применение отечественные разработки области управления горением дуги за счёт изменения скорости подачи электродной проволоки [8, 19]. Эти разработки основаны на применении современных электроприводов, конструкция которых основана на вентильных электродвигателях.

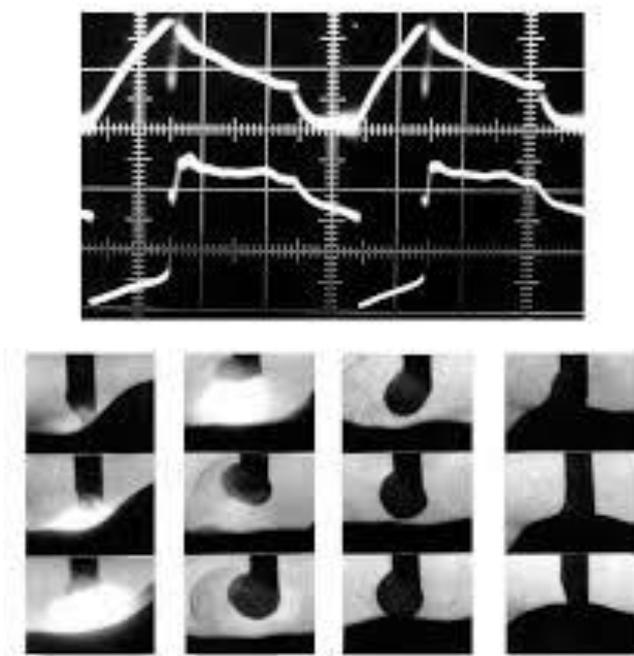


Рисунок 2.1 – Осциллограммы тока и напряжения при импульсном управлении сварочной дугой

2.3 Описание технологических операций

Расстояние между сварным швом патрубка (привариваемой усиливающей накладкой) и кольцевым стыком на трубопроводе должно быть не менее 250 мм. Расстояние между сварным швом патрубка (привариваемой усиливающей накладкой) и продольным сварным швом на трубопроводе должно быть не менее 250 мм. Отклонение от перпендикулярности оси патрубка к оси магистрали должна быть не более $1,0^\circ$; смещение осей патрубка и основной трубы должно быть не более 5,0 мм. При отрицательной температуре необходимо выполнить местный подогрев места реза до температуры не ниже 50°C .

Первой операцией технологического процесса является разметка трубы и заготовок. Для разметки используют шаблон, который следует наложить на трубу и обвести. Контур для резки отмечают рисками при помощи чертилки. Погрешность разметки не должна превышать ± 1 мм.

Второй операцией является резка основной трубы, накладки и патрубка при помощи специализированной газорезательной машины. Обрезку торца ввариваемого патрубка выполняют с использованием шаблона, при этом разделанные кромки должны иметь угол 50 градусов и притупление 1,5...2,0 мм.

Третьей операцией является зачистка, которую проводят после вырезки. При этом зачищают торцы отверстий и конец патрубка. Для зачистки используют шлифмашинку с абразивным кругом и дисковыми проволочными щетками. Непосредственно перед сваркой следует зачистить поверхности патрубка, магистральной трубы и усиливающей накладки на расстоянии 20 мм от торцев. Зачистку ведут до металлического блеска.

Четвёртая операция – сборка с прихватками. Прихватки выполняют механизированной сваркой в защитном газе проволокой сплошного сечения. Выполняемые прихватки в количестве не менее 4-х штук должны иметь длину 80...100 мм. При выполнении прихватки используют те же значения параметров режима, что и при сварке. Для выполнения прихваток используют выпрямитель ВС-600 (ЗАО «НПФ ИТС») и сварочную проволоку Св-08Г2С (табл. 2.1).

Таблица 2.1 – Химический состав проволоки Св-08Г2С

С	Si	Mn	P	S	Cu
0,13	0,99	1,80	0,012	0,006	<0,3

Таблица 2.2 – Механические свойства наплавленного металла

Параметр	Единица	Значение
Предел прочности	МПа	538
Предел текучести	МПа	436
Относительное удлинение	%	28
Ударная вязкость	Дж	59

Пятая операция – сварка патрубка и магистральной трубы.

Не допускается применение присадок, подаваемых в сварочную дугу или предварительно закладываемых в разделку кромок.

При сварке каждого валика шва его следует разбивать на участки, общее количество которых не должно быть менее 6-ти. Каждый последующий участок должен быть диаметрально противоположен предыдущему участку. Направление сварки каждого последующего участка должно совпадать с направлением сварки предыдущего участка при вертикальной врезке либо должно быть противоположным направлению сварки предыдущего участка при горизонтальной врезке. Во всех случаях сварка должна выполняться на подъем.

Контроль качества непрерывно ведут в течение всей сварки, для этого после выполнения каждого слоя сварного шва проводят его визуальный контроль. Обнаруживаемые дефекты следует своевременно устранять. Угловые швы «патрубок - основная труба», выполняемые с усиливающими накладками, должны контролироваться методами НК до выполнения сборки и сварки усиливающих накладок.

Визуальный контроль проводится по 100 % швов, при этом используется лупа увеличением в 10 крат. Контроль неразрушающими методами проводится применением ультразвукового дефектоскопа УД2-12.

Критерием качества является отсутствие трещин металла шва и основного металла, прожогов и пор. Катет шва должен быть не менее 10 мм.

Шестая операция - сборка с прихватками накладки и основной трубы. При сборке допускается смещение накладки на величину не более 1 мм. Прихватки выполняют механизированной сваркой в защитном газе проволокой сплошного сечения. Выполняемые прихватки в количестве не менее 4-х штук должны иметь длину 25...40 мм. При выполнении прихватки используют те же значения параметров режима, что и при сварке. Для выполнения прихваток используют выпрямитель ВС-600 (ЗАО «НПФ ИТС») и сварочную проволоку Св-08Г2С.

Седьмая операция – сварка накладки и магистральной трубы. Значения параметров режима и требования к сварным шва такие же, как и при сварке патрубка и магистральной трубы.

Катет угловых швов усиливающих накладок должен быть не менее толщины стенки магистральной трубы.

Сварка прямых врезок в монтажных условиях должна выполняться за один цикл без перерывов. Прямые врезки с диаметром трубы ответвления до 325 мм включительно выполняются одним сварщиком, с диаметром трубы ответвления свыше 325 мм - двумя сварщиками. В случае снижения межслойной температуры ниже 100°C, а также вынужденных перерывов в работе необходимо выполнить сопутствующий подогрев до температуры не ниже температуры предварительного подогрева.

После сварки необходимо накрыть сварное соединение влагонепроницаемым теплоизолирующим поясом. Необходимо дождаться полного остывания тройникового соединения. В непосредственной близости от тройникового сварного соединения следует нанести клейма сварщиков с использованием несмываемой краски.

Восьмая операция – контроль качества. ВИК производят в объеме 100% наружной поверхности основного металла и сварных соединений элементов тройника.

При проведении ВИК поверхность элементов и сварных соединений тройника проверяют на отсутствие:

- механических повреждений;
- деформации элементов;
- трещин и других поверхностных дефектов;
- коррозионного и механического износа.

При проведении ВИК сварных соединений тройника, зоны контроля должны включать в себя поверхность металла шва, с прилегающими к нему с двух сторон участками основного металла элементов тройника, а также приваренных к нему труб на расстояние не менее 20 мм.

При проведении измерительного контроля элементов и сварных соединений тройника определяются:

- геометрические размеры и дефекты формы сварных швов;

- размеры механических повреждений и деформированных участков материала;
- размеры дефектов сварных соединений;
- глубину и размеры коррозионных повреждений.

2.4 Оборудование для осуществления технологии

Вырезку отверстия в основной трубе и в усиливающей накладке выполняют механизированной газовой резкой. Для резки применяют газорезательную машину CG2-800 (рис. 2.2).

Составляющие части машины (рис. 2.3):

1. Держатель резака - с его помощью крепится резак и настраивается высота над поверхностью трубы
2. Рычаг с рейкой – предназначен для настройки размера вырезаемого отверстия
3. Редуктор – передает вращение от электродвигателя
4. Устройство кулачковое – предназначено для слежения за высотой резака над поверхностью трубы
5. Консоль регулируемая – устанавливает расстоянием от основания машины до центра вырезаемого отверстия
6. Регулятор – регулирует высоту консоли над поверхностью трубы

При помощи составных опор, которые базируются непосредственно на трубе, машина позволяет вырезать круглые отверстия различных диаметров. Резак использует редуктор, чтобы регулировать длину оси и вращать горелку. При помощи специального устройства достигается контроль высоты резака над поверхностью трубы. Благодаря консольной конструкции машины имеется возможность вырезать отверстия даже на конце трубы. Машина CG2-800 позволяет значительно увеличить производительность и уменьшить количество затрачиваемого труда оператора машины, и в тоже время обеспечивает качественные поверхности реза.

Технические характеристики машины CG2-800:

1. Габаритные размеры: 800 X 1000 X 1100 мм
2. Масса: 38 кг
3. Толщина трубы: 5 ~ 70 мм
4. Диаметр трубы: Ø 300 ~ Ø 2000 мм
5. Скорость резания: 0,2 ~ 1,7 об/мин
(Электронный регулятор частоты вращения)
7. Точность резания:
 - допуск овальности отверстия менее, ± 1 мм
 - чистота поверхности резания 12,5 или более.



Рисунок 2.2 – Общий вид машины CG2-800

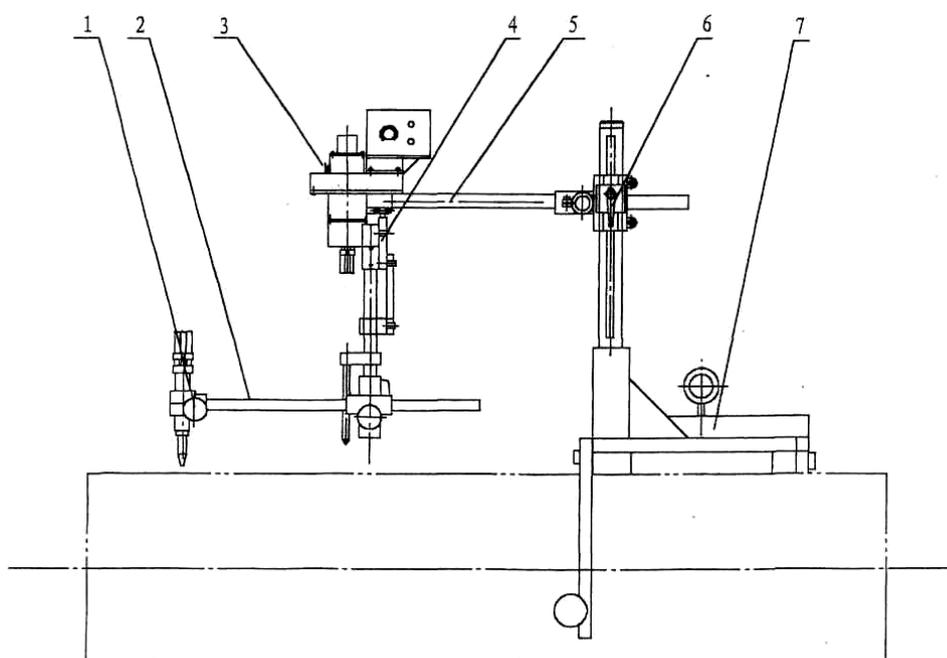


Рисунок 2.3 – Состав машины CG2-800

8. Двигатель:

- тип: DC (постоянного тока с магнитом)
- модель: 7603B
- частота вращения: 3000 об/мин.
- мощность: 80W
- нормальное напряжение: 24V

9. Напряжение питающей сети: 220 В ± 10%, 50 Гц

Вырезка торца трубы для изготовления патрубка сварного тройникового соединения производится заранее в цеху с применением седельной машины «Saddle Machine» модель 8SA (рис. 2.4).

Машина «Saddle Machine» была специально разработана для резки труб в тех случаях, когда необходимо сделать точный и качественный рез. Легкая, износостойчивая машина известна на рынке более 60 лет. Как опытный, так и начинающий сварщик может улучшить качество и точность своей работы. Применяется для резки труб диаметром 38...1220 мм.

Техническая характеристика машины «Saddle Machine» модель 8SA:

1. Диаметр трубы (мм)	1020-1220
-----------------------	-----------

- | | |
|---|----------------|
| 2. Вес нетто (кг) | 95 |
| 3. Макс. скорость (электрическая модель) (мм/мин) | 864 |
| 4. Включает проставки для резки труб диаметром (мм) | 1020,1120,1220 |

Для сварки применяется сварочный выпрямитель ВС-600 производства ЗАО «НПФ ИТС» (рис. 2.5).



Рисунок 2.4 – Седельная машина «Saddle Machine» модель 8SA



Рисунок 2.5 – Выпрямитель сварочный ВС-600

Выпрямитель ВС-600 в комплекте с полуавтоматом предназначен для механизированной сварки плавящейся электродной проволокой в среде защитных газов на постоянном токе, может быть использован в качестве источника сварочного напряжения в составе сварочных автоматов и т.п.

В качестве полуавтомата применяем подающий механизм ПДГ-312-5 (рис.2.6). Механизм подачи проволоки (сварочный полуавтомат) ПДГ-312-5

предназначен для полуавтоматической дуговой сварки металлических конструкций из низкоуглеродистых, легированных и коррозионно-стойких сталей плавящейся электродной проволокой в среде CO₂, его смесях и в среде аргона. Механизм подачи проволоки ПДГ-312-5 используется в составе сварочных полуавтоматов в комплекте со сварочными выпрямителями ВС-300Б, ВС-303 «Корунд», ВДГ-303, ВС-360 «Корунд» и аналогичными. Сварка осуществляется постоянным током обратной полярности.



Рисунок 2.6 – Подающий механизм ПДГ-312-5

Дефектоскоп ультразвуковой УД2-12 (рис. 2.7) выявляет дефекты типа нарушения сплошности и однородности в сварных соединениях, материалах, полуфабрикатах и готовых изделиях. Измеряет глубину залегания и координаты дефектов, а также отношение амплитуд сигналов от дефектов. Используется для ручного контроля эхо-теневым и зеркально-теневым методами, а также может применяться в малоканальных установках механизированного контроля.



Рисунок 2.7 – Дефектоскоп УД2-12

3 Безопасность и экологичность предлагаемых технических решений

3.1 Технологическая характеристика объекта

Выпускная квалификационная работа посвящена вопросу повышения эффективности технологи выполнения тройниковых соединений на магистральных трубопроводах. В соответствии с базовой технологией сварка тройникового соединения трубопровода выполняется с применением ручной дуговой сварки штучными электродами.

На основании проведённого анализа возможных способов сварки принято решение о замене ручной дуговой сварки штучными электродами на механизированную сварку в защитном газе.

В связи с этим следует выполнить анализ проектной технологии, выявляя опасные и вредные производственные факторы, что позволит оценить безопасность проектной технологии и сделать вывод о возможности внедрения предлагаемых технических решений в производство.

Таблица 3.1 - Технологический паспорт объекта

Наименование выполняемых работ и операций проектного процесса	Должность производственного персонала, требуемого для осуществления техпроцесса	Технические устройства, требуемые для осуществления техпроцесса	Вспомогательные материалы
1	2	3	4
1. Подготовительная операция	Слесарь-сборщик	Газорезательная машина, седельная машина, машинка радиальная шлифовальная	Круг абразивный, кислород, ацетилен, ветошь, рукавицы
2. Сборка	Электросварщик	Уровень, отвес, теодолит, сборочное приспособление, сварочный источник питания, механизм подачи проволоки	Углекислый газ, сварочная проволока

Продолжение таблицы 3.1

1	2	3	4
3. Осуществление сварки на трубопроводе	Электросварщик	Сборочное приспособление, сварочный источник питания, механизм подачи проволоки	Углекислый газ, сварочная проволока
4. Проведение зачистки сварного шва	Электросварщик	машинка шлифовальная, зубило, молоток	Абразивный круг
5. Проведение контроля качества сварных стыков труб	Дефектоскопист	Ультразвуковой дефектоскоп	-

3.2 Профессиональные риски при реализации предложенных технических решений

Таблица 3.2 – Идентификация профессиональных рисков

Выполняемые в соответствии с проектной технологией работы	Негативный фактор, представляющий угрозу здоровью и жизни	Источник представляющего угрозу негативного фактора
1	2	3
1. Подготовительная операция	<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; - повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека; - повышенная температура поверхностей оборудования, материалов 	Газорезательная машина, седельная машина, машинка радиальная шлифовальная
2. Сборка	<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; - повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека; - повышенная температура поверхностей оборудования, материалов 	Сборочное приспособление, сварочный источник питания, механизм подачи проволоки

Продолжение таблицы 3.1

1	2	3
3. Осуществление сварки на трубопроводе	<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; - повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека; - повышенная температура поверхностей оборудования, материалов; - ультрафиолетовое излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений; - инфракрасное излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений уровня инфракрасной радиации 	Сборочное приспособление, сварочный источник питания, механизм подачи проволоки
4. Проведение зачистки сварного шва	<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; - повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека; - повышенная температура поверхностей оборудования, материалов 	Машинка шлифовальная, зубило, молоток
5. Проведение контроля качества сварных стыков труб	<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; - повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны; - повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека 	Ультразвуковой дефектоскоп

3.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

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

Негативный фактор, представляющий угрозу здоровью и жизни	Организационные методы и технические средства защиты, снижения, устранения опасного или вредного производственного фактора	Индивидуальные средства защиты от действия негативных факторов
1	2	3
1. Наличие на внешних поверхностях применяемого оборудования, приспособлений и инструмента острых кромок, заусенцев;	Инструктаж производственного персонала	Защитные перчатки, защитная одежда.
2. Перемещающиеся в процессе выполнения сборочной операции детали и узлы применяемого оборудования, приспособлений;	Ограждения перемещающихся деталей и узлов и их предохранительная окраска, предупреждающие плакаты.	-
3. Нагрев внешних поверхностей применяемого на операции оборудования, приспособлений, инструмента, свариваемых труб до высоких температур	Инструктаж производственного персонала	Защитные перчатки, защитная одежда.
4. Опасность замыкания на тело рабочего высокого напряжения, питающего производственное оборудование;	Устройство и периодический контроль заземления электрических машин и изоляции	-
5. Ультрафиолетовое излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений;	Осуществление экранирования зоны сварки с использованием щитов	Защитные перчатки и одежда, защитная маска.
6. Инфракрасное излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений уровня инфракрасной радиации	Экранирование зоны сварочных работ	Защитные перчатки и одежда, защитная маска.
7. Ультразвуковое излучение в рабочей зоне сверх значений безопасных для здоровья.	Предупреждающие плакаты, обеспечение безопасного расстояния от источника излучения до оператора и безопасного времени пребывания в оператора в зоне излучения	-

3.4 Обеспечение пожарной безопасности

Таблица 3.4 – Анализ опасных факторов возможного пожара участка сварки

Наименование участка	Наименование оборудования	Классификация по виду горящего вещества	Наименование основных опасных факторов пожара	Наименование вторичных опасных факторов пожара
Участок, на котором осуществляется сварка трубопровода	Кромкострогальный станок, машинка шлифовальная, источник питания сварочной дуги, центратор типа ЦН, сварочный полуавтомат, аппарат рентгеновский Арина 7	пожары, которые происходят за счет воспламенения и горения веществ и материалов на электроустановках, запитанных электрическим напряжением (Е)	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.	Короткие замыкания на оборудовании, запитанным высоким электрическим напряжением; действие на людей, находящихся в районе возгорания продуктов разложения составов, используемых для пожаротушения.

Таблица 3.5 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

Средства для тушения возгораний в начальной стадии	Перечень мобильных средств для проведения тушения возгорания	Перечень стационарных систем пожаротушения	Системы пожарной автоматика для проведения тушения возгорания	Пожарное оборудование на участке сварки	Средства индивидуальной защиты и спасения производственного персонала	Установленный на участке инструмент для ликвидации возгораний	Системы связи и оповещения на участке сварки
Ящики с песком, кошма, огнетушитель ОП-5	Специализированные автомобили или (вызываются)	Нет	Нет	-	План эвакуации,	Ведро, лопата, багор, топор	Тревожная кнопка

Таблица 3.6 – Разработанные организационные мероприятия для исключения возгораний на участке сварки

Перечень операций, осуществляемых в рамках разработанного технологического процесса	Наименование мероприятий	Наименование противопожарного оборудования, которым должен быть укомплектован участок
Подготовительная операция, сборочная операция, операция предварительного подогрева, операция сварки стыка, контрольные операции.	Инструктаж сотрудников производственного участка правилам предупреждения возгораний и действиям в случае возгорания, деловые игры с сотрудниками по тематике борьбы с пожарами.	На участке необходимо иметь первичные средства пожаротушения в достаточном количестве, должны быть защитные экраны, ограничивающие разлет искр.

3.5 Оценка безопасности для природной среды предлагаемых технических решений

Таблица 3.7 – Анализ негативно влияющих на природную среду факторов предлагаемых технических решений

Анализируемый технологический процесс	Операции, осуществляемые в рамках анализируемого технологического процесса	Факторы, негативно влияющие на атмосферу	Факторы, негативно влияющие на гидросферу	Факторы, негативно влияющие на литосферу
Ремонтная сварка трубопровода	Подготовительная операция, сборочная операция, операция предварительного подогрева, операция сварки стыка, контрольные операции	Выделяемые в процессе горения сварочной дуги аэрозоли, частицы сажи и газообразные частицы	Химикаты, используемые в процессе проявления рентгеновской пленки и закрепления полученного изображения.	Упаковочный материал от присадочных материалов, мусор – бытовой и производственный.

Таблица 3.8 – Предлагаемые организационно-технические мероприятия, по уменьшению негативно влияющих на природную среду факторов предлагаемых технических решений

Наименование технического объекта	Сварка
Мероприятия по исключению негативного действия на воздушную среду.	Оборудование вентиляционной системы фильтрами, улавливающими продукты, выделяемые при горении дуги.
Мероприятия по исключению негативного действия на водную среду.	Контроль утечек в гидросистеме центратора и незамедлительное их устранение.
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу	Установка на участке сварки соответствующих емкостей для сбора отходов производственного цикла и при проведении повторных инструктажей подробное разъяснение необходимости складирования отходов производственного цикла в установленные емкости.

3.6 Заключение по разделу

В рамках выполнения данного раздела выпускной квалификационной работы выполнялась выявление негативных факторов, сопровождающих предлагаемые технологические решения, и их оценка на предмет отрицательного влияния на рабочий персонал и окружающую среду.

Произведён поиск путей устранения или уменьшения опасных и вредных производственных факторов, установлено, что стандартные средства защиты позволяют достигнуть требуемого уровня безопасности и санитарии производства в условиях осуществления проектного технологического процесса.

В ходе анализа экологичности предложенных технических решений установлено, что проведение процесса сварки сопровождается ущербом окружающей среде. При этом негативное воздействие оказывается на воздушную среду (атмосферу), водную среду (гидросферу), так и на литосферу.

4 Экономическая эффективность предлагаемых технологических решений

4.1 Вводная информация для выполнения экономических расчётов

Выпускная квалификационная работа посвящена вопросу повышения эффективности технологи выполнения тройниковых соединений на магистральных трубопроводах. В соответствии с базовой технологией сварка тройникового соединения трубопровода выполняется с применением ручной дуговой сварки штучными электродами.

На основании проведённого анализа возможных способов сварки принято решение о замене ручной дуговой сварки штучными электродами на механизированную сварку в защитном газе. За счёт замены способа сварки и применения импульсного управления сварочной дугой предполагается получить снижение трудоемкости сварки и повышение качества сварочных швов.

Таблица 4.1 – Исходные данные для оценки экономической эффективности предлагаемых изменений операций технологического процесса

Наименование экономического показателя	Принятое в экономических формулах условное обозначение показателя	Единицы измерения показателя при подстановке в формулы для экономических расчётов	Количественная характеристика экономического показателя в рассматриваемой технологии	
			Базовая технология	Проектная технология
1	2	3	4	5
Количество рабочих смен в день, в течение которых выполняется рассматриваемая работа	$K_{см}$	-	1	1
Разряд исполнителя основных или вспомогательных операций	P_p		IV	IV
Утверждённая часовая тарифная ставка работника	$Cч$	Р/час	150	150

Продолжение таблицы 4.1

1	2	3	4	5
Принятое значение коэффициента, определяющего временные затраты на выполнение нормы	Квн	-	1,1	1,1
Принятое значение коэффициента, определяющего процент на формирование дополнительной заработной платы	Кдоп	%	12	12
Принятое значение коэффициента, определяющего процент на формирование доплат к основной заработной плате	Кд	-	1,88	1,88
Принятое значение коэффициента, определяющего процент от заработной платы на социальные нужды	Ксн	%	34	34
Принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости технологического оборудования на его амортизацию	На	%	21,5	21,5
Принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости производственных площадей на их амортизацию	На.пл.	%	5	5
Общая площадь под оборудование, выполняющее операции рассматриваемого технологического процесса	S	м ²	20	20
Принятое значение цены на производственные площади для выполнения операций технологического процесса	Цпл	Р/м ²	30000	30000
Принятое значение стоимости эксплуатации площадей, занимаемых оборудованием для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса	Сзксп	(Р/м ²)/год	2000	2000
Принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости оборудования на транспортно-заготовительные расходы	Кт -з	%	5	5
Принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости оборудования на его монтаж и демонтаж	Кмонт Кдем	%	3	5
Рыночная стоимость оборудования, которое необходимо для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса	Цоб	Руб.	80000	250000

Продолжение таблицы 4.1

1	2	3	4	5
Принятое значение коэффициента, задающего долю затрат на дополнительную производственную площадь	Кпл	-	3	3
Принятое значение установленной мощности оборудования для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса	Муст	кВт	8	10
Принятое значение стоимость электрической энергии при работе оборудования для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса	Цэ-э	Р/ кВт	3,02	3,02
Принятое значение коэффициента полезного действия оборудования для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса	КПД	-	0,7	0,85
Принятое значение коэффициента, определяющего эффективность капитальных вложений	Ен	-	0,33	0,33
Принятое значение коэффициента, определяющего долю цеховых расходов	Кцех	-	1,5	1,5
Принятое значение коэффициента, определяющего долю заводских расходов	Кзав	-	1,15	1,15

4.2 Расчёт фонда времени работы оборудования

Объём фонда времени, в течение которого происходит работа сварочного оборудования, задействованного в технологическом процессе по базовому и проектному вариантам, может быть определён с использованием формулы:

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

где $T_{см}$ – продолжительность рабочей смены в часах;

D_p – общее число рабочих дней в календарном году;

$D_{п}$ – планируемое количество предпраздничных дней в календарном году;

$T_{п}$ – планируемое сокращение длительности рабочей смены в часах в предпраздничный день;

$K_{см}$ – количество рабочих смен.

После подстановки в формулу (4.1) численных значений соответствующих переменных, получим:

$$F_{н} = (277 \cdot 8 - 7 \cdot 1) \cdot 1 = 2209 \text{ ч.}$$

Расчёт эффективного фонда времени работы сварочного оборудования, задействованного для выполнения операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам может быть определён с использованием формулы:

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

где B – процент планируемых потерь рабочего времени.

После подстановки в формулу (4.2) численных значений соответствующих переменных, получим:

$$F_{э} = 2209 \cdot \left(1 - \frac{7}{100}\right) = 2054 \text{ ч.}$$

4.3 Расчет штучного времени

Оценку штучного времени для выполнения операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам выполним с использованием формулы:

(4.3)

$$t_{шт} = t_{маш} + t_{всп} + t_{обсл} + t_{отл} + t_{п-з},$$

где $t_{шт}$ – штучное время – объём времени в часах, которое будет затрачено работниками на выполнение всех операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам;

$t_{маш}$ – машинное время – объём времени в часах, которое будет затрачено работниками на выполнение основной операции технологического процесса по базовому и проектному вариантам;

$t_{всп}$ – вспомогательное время – объём времени в часах, которое будет затрачено работниками на выполнение подготовительных операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, задаётся в процентах от машинного времени: $t_{всп} = 10\%$ от $t_{маш}$;

$t_{обсл}$ – время обслуживания – объём времени в часах, которое будет затрачено работником на обслуживание, текущий и мелкий ремонт технологического оборудования задействованного в выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, задаётся в процентах от машинного времени: $t_{обсл} = 5\%$ от $t_{маш}$;

$t_{отл}$ – время личного отдыха – объём времени в часах, которое будет затрачено на работником на обеспечение личных потребностей в отдыхе при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, задаётся в процентах от машинного времени: $t_{отл} = 5\%$ от $t_{маш}$;

$t_{п-з}$ – время подготовительно-заключительное – объём времени в часах, которое будет затрачено работником на выполнение подготовительно-заключительных операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, задаётся в процентах от машинного времени: $t_{п-з} = 1\%$ от $t_{маш}$.

После подстановки в формулу (4.3) численных значений соответствующих переменных, получим:

$$t_{шт.баз} = 6,6 \cdot (100\% + 10\% + 5\% + 5\% + 1\%) = 8 \text{ ч.}$$
$$t_{шт.проектн.} = 2,5 \cdot (100\% + 10\% + 5\% + 5\% + 1\%) = 3 \text{ ч.}$$

Расчёт годовой программы проведения сварочных работ согласно рассматриваемого технологического процесса по базовому и проектному вариантам выполним по формуле:

$$П_{\Gamma} = \frac{F_{\text{Э}}}{t_{\text{шт}}}, \quad (4.4)$$

где $F_{\text{Э}}$ – объём в часах эффективного фонда времени работы оборудования, задействованного выполнения операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам;

$t_{\text{шт}}$ – штучное время в часах, которое затрачивает работник на один стык трубопровода по базовому и проектному вариантам технологии;

После подстановки в формулу (4.4) численных значений соответствующих переменных, получим:

$$П_{\Gamma.\text{баз.}} = 2054/8 = 256 \text{ сварок за год};$$

$$П_{\Gamma.\text{проектн.}} = 2054/3 = 668 \text{ сварок за год}.$$

Дальнейшие расчёты по определению экономической эффективности предлагаемых решений будем проводить исходя из годовой программы $П_{\Gamma}=200$ ремонтных сварок в год.

Требуемое в этом случае количество сварочного оборудования, которое будет задействовано при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, вычисляем согласно формуле:

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

где $П_{\Gamma}$ – годовая программа – принятое ранее количество стыков трубопровода, которые необходимо сварить за один календарный год при

выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам;

$t_{шт}$ – штучное время – объём времени в часах, которое будет затрачено работниками на выполнение всех операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам;

$Fэ$ – объём в часах эффективного фонда времени работы оборудования, задействованного выполнения операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам;

$K_{вн}$ – принятое значение коэффициента, определяющего временные затраты на выполнение нормы.

После подстановки в формулу (4.5) численных значений соответствующих переменных, получим:

$$n_{РАСЧ.Б} = \frac{8 \cdot 200}{2054 \cdot 1,03} = 0,76$$

$$n_{РАСЧ.ПП} = \frac{3 \cdot 200}{2054 \cdot 1,03} = 0,28$$

На основании выполненных расчётов по определению эффективного фонда времени работы оборудования штучного времени, которое будет затрачено работниками на выполнение всех операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, можно сделать вывод о необходимом количестве сварочного оборудования. Для реализации базовой технологии необходимо применить одну единицу технологического оборудования. Для реализации проектной технологии необходимо применить одну единицу технологического оборудования.

Расчёт коэффициента загрузки оборудования выполним согласно формуле:

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

где $n_{\text{расч}}$ – полученное согласно (4.5) количество технологического оборудования, задействованного для выполнения операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам;

$n_{\text{пр}}$ – принятое количество технологического оборудования, задействованного для выполнения операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам.

После подстановки в формулу (4.5) численных значений соответствующих переменных, получим:

$$K_{3б} = 0,76/1 = 0,76,$$

$$K_{3п} = 0,28/1 = 0,28.$$

4.4 Расчет заводской себестоимости базового и проектного вариантов технологии сварки

При сварке тройниковых соединений на магистральных трубопроводах используются сварочные материалы. Базовая технология сварки предусматривает применение ручной дуговой сварки, для которой сварочным материалом являются штучные электроды. Проектная технология сварки предусматривает применение механизированной сварки проволокой сплошного сечения в защитном газе, для которой сварочными материалами будут проволока и углекислый газ. Затраты на сварочные материалы, которые будут использованы при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, вычисляем согласно формуле:

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

где C_m – цена, определённая для сварочного материала по каталогам предприятий, которые представлены в сети ИНТЕРНЕТ;

$K_{Т-з}$ – принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости оборудования на транспортно-заготовительные расходы.

При расчёте затрат на материалы следует учесть что базовый вариант технологии сварки с применением ручной дуговой сварки сопровождается получением большого числа дефектов и необходимостью их исправления. В проектном варианте технологии предложено использовать механизированную сварку проволокой сплошного сечения в углекислом газе, при которой дополнительно осуществляется с импульсное управление сварочной дугой. В результате предлагаемых мероприятий проектная технология позволит получать сварные соединения без дефектов. Таким образом, массу наплавленного металла при сварке базовой технологии следует взять больше, чем массу наплавленного металла при сварке по проектной технологии. После подстановки в формулу (4.7) численных значений соответствующих переменных, получим:

$$M_{\text{баз.}} = 400 \cdot 5 \cdot 1,05 = 2100 \text{ руб.}$$

$$M_{\text{проектн.}} = (200 \cdot 4 + 7,5 \cdot 300) \cdot 1,05 = 3203 \text{ руб.}$$

Объём фонда заработной платы (ФЗП) определяется суммой основной заработной платы $Z_{\text{осн}}$ и дополнительной заработной платы $Z_{\text{доп}}$.

Объём $Z_{\text{осн}}$ основной заработной платы определим расчётным путём с использованием формулы:

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

где $C_{\text{ч}}$ – утверждённая часовая тарифная ставка работника;

$K_{\text{д}}$ – принятое значение коэффициента, определяющего процент на формирование доплат к основной заработной плате.

После подстановки в формулу (4.8) численных значений соответствующих переменных, получим:

$$Z_{\text{осн.баз.}} = 8 \cdot 150 \cdot 1,88 = 2256 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{осн.проектн.}} = 3 \cdot 150 \cdot 1,88 = 846 \text{ руб.}$$

Объём $Z_{\text{доп}}$ дополнительной заработной платы определим расчётным путём с использованием формулы:

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

где $K_{\text{доп}}$ – принятое значение коэффициента, определяющего процент на формирование дополнительной заработной платы

После подстановки в формулу (4.9) численных значений соответствующих переменных, получим:

$$Z_{\text{доп.базов.}} = 2256 \cdot 12/100 = 271 \text{ рублей;}$$

$$Z_{\text{доп.проектн.}} = 846 \cdot 12/100 = 102 \text{ рублей;}$$

$$\text{ФЗП}_{\text{базов.}} = 2256 + 271 = 2527 \text{ рублей;}$$

$$\text{ФЗП}_{\text{проектн.}} = 846 + 102 = 948 \text{ рублей.}$$

Объём $O_{\text{сн}}$ отчислений на социальные нужды определим расчётным путём с использованием формулы:

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

где $K_{\text{сн}}$ – принятое значение коэффициента, определяющего процент от заработной платы на социальные нужды.

После подстановки в формулу (4.10) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$O_{\text{сбаз.}} = 2527 \cdot 34 / 100 = 859 \text{ руб.},$$

$$O_{\text{сспроектн.}} = 948 \cdot 34 / 100 = 322 \text{ руб.}$$

Объём $Z_{\text{об}}$ финансовых затрат на содержание и эксплуатацию технологического оборудования определим расчётным путём с использованием формулы:

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

где $A_{\text{об}}$ – финансовые потери от амортизации технологического оборудования, задействованного при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам;

$P_{\text{э-э}}$ – финансовые затраты на электрическую энергию при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам;

Финансовые потери на амортизацию оборудования, задействованного при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам:

$$A_{\text{об}} = \frac{C_{\text{об}} \cdot N_a \cdot t_{\text{МАШ}}}{F_{\text{э}} \cdot 100} \quad (2.12)$$

где $C_{\text{об}}$ – цена оборудования, задействованного при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, определённая по каталогам предприятий в сети ИНТЕРНЕТ;

N_a – принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости технологического оборудования на его амортизацию;

$t_{\text{МАШ}}$ – машинное время – объём времени в часах, которое будет затрачено работниками на выполнение основной операции технологического процесса по базовому и проектному вариантам;

F_3 – объём в часах эффективного фонда времени работы оборудования, задействованного выполнения операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам.

После подстановки в формулу (4.12) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$A_{об.б} = \frac{80000 \cdot 21,5 \cdot 8}{2054 \cdot 100} = 67 \text{ рублей}$$

$$A_{об.пр} = \frac{250000 \cdot 21,5 \cdot 3}{2054 \cdot 100} = 79 \text{ рублей}$$

Затраты на электрическую энергию при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам определим расчётным путём с использованием формулы::

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

где $M_{уст}$ – установленная мощность оборудования, задействованного при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам;

$Ц_{э-э}$ – принятое значение стоимости электрической энергии при работе оборудования для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса;

КПД – принятое значение коэффициента полезного действия оборудования для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса

После подстановки в формулу (4.13) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$P_{\text{э-эб}} = \frac{8 \cdot 8 \cdot 3,02}{0,7} = 276 \text{ рублей}$$

$$P_{\text{э-эпр}} = \frac{10 \cdot 3 \cdot 3,02}{0,85} = 107 \text{ рублей}$$

$$Зоб_{\text{баз.}} = 67 + 276 = 343 \text{ рублей}$$

$$Зоб_{\text{проектн.}} = 79 + 107 = 186 \text{ рублей}$$

Значение $C_{\text{тех}}$ показателя технологической себестоимости определим расчётным путём с использованием формулы:

$$C_{\text{ТЕХ}} = M + \PhiЗП + O_{\text{сс}} + З_{\text{об}} \quad (4.14)$$

После подстановки в формулу (4.14) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$C_{\text{ТЕХБаз.}} = 2100 + 2527 + 859 + 343 = 5829 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{ТЕХПроектн.}} = 3203 + 948 + 322 + 186 = 4659 \text{ руб.}$$

Значение $C_{\text{цех}}$ показателя цеховой себестоимости определим расчётным путём с использованием формулы:

$$C_{\text{ЦЕХ}} = C_{\text{ТЕХ}} + З_{\text{осн}} \cdot K_{\text{ЦЕХ}} \quad (4.15)$$

где $K_{\text{ЦЕХ}}$ – принятое значение коэффициента, определяющего долю цеховых расходов при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам.

После подстановки в формулу (4.15) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$C_{\text{ЦЕХБаз.}} = 5829 + 1,5 \cdot 2256 = 5829 + 3384 = 9213 \text{ руб.,}$$

$$C_{\text{ЦЕХПроектн.}} = 4659 + 1,5 \cdot 846 = 4659 + 1269 = 5928 \text{ руб.}$$

Значение $C_{\text{зав}}$ показателя заводской себестоимости определим расчётным путём с использованием формулы:

$$C_{\text{зав}} = C_{\text{ЦЕХ}} + Z_{\text{ОСН}} \cdot K_{\text{зав}} \quad (4.16)$$

где $K_{\text{зав}}$ – принятое значение коэффициента, определяющего долю заводских расходов при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам.

После подстановки в формулу (4.16) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$C_{\text{завБаз.}} = 9213 + 1,15 \cdot 2256 = 9213 + 2594 = 11807 \text{ руб.},$$

$$C_{\text{завПроектн.}} = 5928 + 1,15 \cdot 846 = 5928 + 972 = 6900 \text{ руб.}$$

Калькуляцию технологической, цеховой и заводской себестоимости сварки при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам сведём в таблицу (табл. 4.2)

Таблица 4.2 – Калькуляция технологической, цеховой и заводской себестоимости сварки

ПОКАЗАТЕЛИ	Услов. обозн.	Калькуляция., руб	
		Базовый	Проектн.
1. Затраты на материалы	М	2100	3203
2. Объем фонда заработной платы	ФЗП	2527	948
3. Отчисления на соц. нужды	Осн	859	322
4. Объем финансовых затрат на технологическое оборудование	Зоб	343	186
5. Величина технологической себестоимости	Стех	5829	4659
6. Объем цеховых расходов	Рцех	3384	1269
7. Величина цеховой себестоимости	Сцех	9213	5928
8. Объем заводских расходов	Рзав	2594	972
9. Величина заводской себестоимости	$C_{\text{зав}}$	11807	6900

4.5 Размер капитальных затрат реализации операций по базовому и проектному вариантам

Значение $K_{\text{общ}}$ капитальных затрат, которые потребуются для выполнения операций технологии по базовому и проектному вариантам, определим расчётным путём с использованием формулы:

$$K_{\text{ОБЩБ}} = K_{\text{ОББ}} = n \cdot \text{Ц}_{\text{ОБ.Б}} \cdot K_{3.Б.}, \quad (4.17)$$

где K_3 – ранее полученное расчётное значения коэффициента загрузки оборудования ;

$\text{Ц}_{\text{ОБ.Б}}$ –остаточная стоимость в рублях технологического оборудования на момент внедрения предлагаемых решений в производство, который определяется по сроку службы этого оборудования;

n – ранее полученное количество единиц технологического оборудования, для выполнения операций технологии по базовому и проектному вариантам.

Величину $\text{Ц}_{\text{ОБ.Б}}$ остаточной стоимости технологического оборудования на момент внедрения предлагаемых решений в производство определим расчётным путём с использованием формулы:

$$\text{Ц}_{\text{ОБ.Б}} = \text{Ц}_{\text{ПЕРВ.}} - (\text{Ц}_{\text{ПЕРВ.}} \cdot T_{\text{СЛ}} \cdot N_A / 100), \quad (4.18)$$

где $\text{Ц}_{\text{ПЕРВ.}}$ – рыночная стоимость оборудования, которое необходимо для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса;

$T_{\text{СЛ}}$ – количество лет, в течение которых рассматриваемое оборудование было использовано в технологическом процессе по базовому варианту;

N_A – принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости технологического оборудования на его амортизацию.

После подстановки в формулу (4.17) и (4.18) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$Ц_{\text{ОБ.Баз.}} = 80000 - (80000 \cdot 3 \cdot 21,5/100) = 28400 \text{ рублей}$$

$$K_{\text{ОБЩБаз.}} = 1 \cdot 28400 \cdot 0,76 = 21584 \text{ рублей}$$

Величину $K_{\text{ОБЩ.ПР}}$ общих капитальных затрат для выполнения операций технологического процесса по проектной технологии определим расчётным путём с использованием формулы:

$$K_{\text{ОБЩ.ПР}} = K_{\text{ОБ.ПР}} + K_{\text{ПЛ.ПР}} + K_{\text{СОП.ПР}}, \quad (4.19)$$

где $K_{\text{ОБ.ПР}}$ – расчётный объём капитальных вложений в оборудование, задействованное для выполнения операций технологического процесса по проектной технологии;

$K_{\text{ПЛ.ПР}}$ – расчётный объём капитальных вложений в производственные площади, задействованные для выполнения операций технологического процесса по проектной технологии;

$K_{\text{СОП.ПР}}$ – расчётный объём сопутствующих капитальных вложений при выполнении операций технологического процесса по проектной технологии.

Объём $K_{\text{ОБ.ПР}}$ капитальных вложений в оборудование, задействованное для выполнения операций технологического процесса по проектной технологии определим расчётным путём с использованием формулы:

$$K_{\text{ОБ.ПР}} = Ц_{\text{ОБ.ПР}} \cdot K_{\text{Т-З}} \cdot K_{\text{ЗБ}}. \quad (4.20)$$

После подстановки в формулу (2.20) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$K_{\text{ОБ.ПР}} = 250000 \cdot 1,05 \cdot 0,28 = 73500 \text{ руб.}$$

Объём $K_{\text{СОП}}$ сопутствующих капитальных вложений при выполнении операций технологического процесса по проектной технологии определим расчётным путём с использованием формулы:

$$K_{\text{СОП}} = K_{\text{ДЕМ}} + K_{\text{МОНТ}}, \quad (4.21)$$

где $K_{\text{ДЕМ}}$ – размер затрат на демонтаж оборудования для реализации базовой технологии;

$K_{\text{МОНТ}}$ – величина коэффициента, определяющего долю расходов на монтаж оборудования.

Затраты $K_{\text{ДЕМ}}$ на демонтаж оборудования, задействованного для выполнения операций технологического процесса по базовому варианту, определим расчётным путём с использованием формулы:

$$K_{\text{ДЕМ}} = \text{Ц}_Б \cdot K_{\text{ДЕМ}}, \quad (4.22)$$

где $K_{\text{ДЕМ}}$ – принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости оборудования на его демонтаж.

После подстановки в формулу (4.22) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$K_{\text{ДЕМ}} = 1 \cdot 80000 \cdot 0,05 = 4000 \text{ руб.}$$

Затраты $K_{\text{МОН}}$ на монтаж оборудования, задействованного для выполнения операций технологического процесса по проектному варианту, определим расчётным путём с использованием формулы:

$$K_{\text{МОНТ}} = \text{Ц}_{\text{ГР}} \cdot K_{\text{МОНТ}}, \quad (4.23)$$

где $K_{\text{МОНТ}}$ – принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости оборудования на его монтаж.

После подстановки в формулу (4.23) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$K_{\text{МОНТ}} = 250000 \cdot 0,05 = 12500 \text{ руб.}$$

После подстановки в формулу (4.21) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$K_{\text{СОП}} = 4000 + 12500 = 16500 \text{ руб.}$$

После подстановки в формулу (4.19) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$K_{\text{ОБЩ.ПР}} = 73500 + 16500 = 90000 \text{ руб.}$$

Размер $K_{\text{ДОП}}$ дополнительных капитальных вложений определим расчётным путём с использованием формулы:

$$K_{\text{ДОП}} = K_{\text{ОБЩ.ПР}} - K_{\text{ОБЩ.}} \quad (4.24)$$

После подстановки в формулу (4.24) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$K_{\text{ДОП}} = 90000 - 73500 = 16500 \text{ руб.}$$

Размер $K_{\text{УД}}$ удельных капитальных вложений определим расчётным путём с использованием формулы:

$$K_{\text{УД}} = \frac{K_{\text{ОБЩ.}}}{\Pi_{\Gamma}}, \quad (4.25)$$

где Π_T – принятое значение годовой программы.

После подстановки в формулу (4.25) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$K_{удБаз.} = 73500/200 = 368 \text{ руб./ед.}$$

$$K_{удПроектн.} = 90000/200 = 450 \text{ руб./ед.}$$

4.6 Расчётное определение показателей экономической и эффективности предлагаемых решений

Снижение Δt трудоемкости при внедрении в производство предлагаемых решений определим расчётным путём с использованием формулы:

$$\Delta t_{шт} = \frac{t_{штБ} - t_{штПР}}{t_{штБ}} \cdot 100\% \quad . \quad (4.26)$$

После подстановки в формулу (4.26) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$\Delta t_{шт} = \frac{8-3}{8} \cdot 100\% = 63\% \quad .$$

Повышение Π_T производительности труда при внедрении в производство предлагаемых решений определим расчётным путём с использованием формулы:

$$\Pi_T = \frac{100 \cdot \Delta t_{шт}}{100 - \Delta t_{шт}} \quad . \quad (4.27)$$

После подстановки в формулу (4.27) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$П_T = \frac{100 \cdot 63}{100 - 63} = 233\%$$

Снижение $\Delta C_{\text{ТЕХ}}$ технологической себестоимости труда при внедрении в производство предлагаемых решений определим расчётным путём с использованием формулы:

$$\Delta C_{\text{ТЕХ}} = \frac{C_{\text{ТЕХБ}} - C_{\text{ТЕХПР}}}{C_{\text{ТЕХБ}}} \cdot 100\% \quad (4.28)$$

После подстановки в формулу (4.28) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$\Delta C_{\text{ТЕХ}} = \frac{5829 - 4659}{5829} \cdot 100\% = 20\%$$

Условно-годовую экономию $Пр_{\text{ож}}$ (ожидаемую прибыль) при внедрении в производство предлагаемых решений определим расчётным путём с использованием формулы:

$$Пр_{\text{ож.}} = Э_{\text{у.г.}} = \left(C_{\text{зав}}^{\text{б}} - C_{\text{зав}}^{\text{пр}} \right) \cdot П_T \quad (4.29)$$

После подстановки в формулу (4.29) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$Э_{\text{у.г.}} = (11807 - 6900) \cdot 200 = 981400 \text{ руб.}$$

Срок $T_{ок}$ окупаемости дополнительных капитальных вложений при внедрении в производство предлагаемых решений определим расчётным путём с использованием формулы:

$$T_{ок} = \frac{K_{доп}}{\Delta_{уг}} \quad . \quad (4.30)$$

После подстановки в формулу (4.30) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$T_{ок} = \frac{90000}{981400} = 0,1$$

Годовой экономический эффект Δ_r в сфере при внедрении в производство предлагаемых решений определим расчётным путём с использованием формулы:

$$\Delta_r = \Delta_{уг} - E_n \cdot K_{доп} \quad (4.31)$$

После подстановки в формулу (4.31) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$\Delta_r = 981400 - 0,33 \cdot 90000 = 951700 \text{ руб.}$$

Заключение по экономическому разделу

Базовый вариант технологии сварки тройникового соединения трубопровода с применением ручной дуговой сварки сопровождается получением большого числа дефектов и необходимостью переварки сварного соединения. В проектном варианте технологии предложено использовать механизированную сварку проволокой сплошного сечения в углекислом газе, при которой дополнительно осуществляется с импульсное управление

сварочной дугой. В результате предлагаемых мероприятий проектная технология позволит получать сварные соединения без дефектов.

Проведённые экономические расчёты подтвердили эффективность предлагаемых решений: уменьшается трудоемкость на 63 %, увеличивается производительность труда на 233 %, уменьшается технологическая себестоимость на 20 %.

Внедрение предлагаемых решений в производство позволяет получить условно-годовую экономию в размере 1,0 млн. рублей.

Рассчитанный годовой экономический эффект с учетом капитальных вложений составляет 0,95 млн. рублей. Затраты на капитальные вложения, которые необходимо будет сделать для приобретения нового технологического оборудования, будут окуплены за 0,1 года.

На основании вышеизложенного можно сделать вывод о высокой эффективности предложенных решений, которые должны быть внедрены в производство.

Заключение

Поставленная в выпускной квалификационной работе цель – повышение производительности и качества сварочных операций при выполнении тройниковых соединений на магистральных газопроводах.

Базовый вариант технологии сварки тройникового соединения трубопровода с применением ручной дуговой сварки сопровождается получением большого числа дефектов и необходимостью переварки сварного соединения.

При анализе возможных способов сварки были рассмотрены: ручная дуговая сварка штучными электродами, механизированная сварка в защитных газах проволокой сплошного сечения, механизированная сварка порошковой проволокой.

В проектном варианте технологии предложено использовать механизированную сварку проволокой сплошного сечения в углекислом газе, при которой дополнительно осуществляется с импульсное управление сварочной дугой. В результате предлагаемых мероприятий проектная технология позволит получать сварные соединения без дефектов.

Выполнен анализ проектной технологии ремонтной сварки на предмет наличия опасных и вредных производственных факторов.

Рассчитанный годовой экономический эффект с учетом капитальных вложений составляет 0,95 млн. рублей.

С учётом вышеизложенного можно сделать вывод о том, что поставленная цель выпускной квалификационной работы достигнута.

Результаты выпускной квалификационной работы могут быть внедрены в производство при выполнении тройниковых соединений (при врезке в магистральные и технологические трубопроводы).

Список используемой литературы

1. Волский, М.И. Прочность труб магистральных нефте- и продуктопроводов при статическом и малоцикловом нагружении / М.И. Волский, А.С. Аистов, А.П. Гусенков, Л.К. Гуменный // Обзорная информация. Транспорт и хранение нефти и нефтепродуктов. – М.: ВНИИОЭНг, 1979. – с. 56–58.
2. Юхимец, П.С. Циклическая прочность поврежденного тройникового соединения / П.С. Юхимец, С.В. Кобельский, В.В. Филипенков // Техническая диагностика и неразрушающий контроль. – 2015. – № 2. – С. 34–38.
3. Седов Л. И. – Механика сплошной среды. Том II. – Издательство «Наука», М., 573 с.
4. Зандберг, А.С. Основы проектирования сварных герметизирующих конструкций магистральных трубопроводов. Стальные муфты и тройники // Сварочное производство. – 2010. – № 11. – С. 3-9.
5. Горбачёв, С.В. Повышение однородности структуры механических свойств сварных соединений из сталей 20 и 30ХГСА в режиме сверхпластической деформации / С.В. Горбачёв, диссертация на соискание уч. степени канд. техн. наук.– Уфа, 2005.
6. 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.
7. Алешин, Н.П. Контроль качества сварочных работ / Н.П. Алёшин, В.Г Щербинский – М.: Высшая школа, 1986. – 207 с.
8. Волченко, В.Н. Контроль качества сварных конструкций / В.Н. Волченко. – М.: Машиностроение, 1986. – 152 с.
9. Сварка в машиностроении: Справочник. В 4-х т. / Ред. кол.: Г.А. Николаев (пред.) [и др.] – М.: Машиностроение, 1978 – т.2. / Под ред. А.И. Акулова, 1979. – 462 с.

10. ГОСТ 9466-75 - Электроды покрытые металлические для ручной дуговой сварки сталей и наплавки. Классификация и общие технические условия. Введ. 01.01.1976. – М.: ИПК Издательство стандартов. – 42 с.

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

12. Потапьевский, А. Г. Сварка в защитных газах плавящимся электродом. Часть 1. Сварка в активных газах / А.Г.Потальевский. – Издание 2-е. недоработанное. – К.: Экотехнолопя, 2007. – 192 с.

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

14. Dilthy U., Reisgen U., Stenke V. et al. Schutgase zum MAGM – Hochleistungsschweißen // Schweissen und Schneiden. – 1995. – 47, № 2. – S. 118–123.

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

16. Реальные возможности безредукторных механизмов импульсной подачи электродной проволоки / В.А. Лебедев, С.П. Ковешников, Б.Г. Светников, С.И. Полосков // Вопросы атомной науки и техники. Сер.: Ядерная техника и технология. - 1989, Вып. 4. - С. 46-48.

17. Лебедев, В.А. Зависимость между скоростями импульсной подачи электродной проволоки и её плавления при сварке с короткими замыканиями / В.А. Лебедев // Автоматическая сварка. – 2007. – № 4. – С. 19–22.

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

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

20. Goecke S. F. Low Energy Arc Joining Process for Materials Sensitive to Heat, EWM HIGHTEC WELDING GmbH 2005.

21. Jaeschke B. Speedpulse eine produktivitäts- und effizienzsteigernde Weiterentwicklung des MSG Impulsschweißens / Jaeschke B., Vollrath K. // Schweißen und Schneiden. – 2009. – 61. – № 9. – S. 548–553.

22. DeRuntz, B. D. Surface Tension Transfer welding in manufacturing. Selected Paper presented at the National Association of Industrial Technology Conference, Detroit Michigan, 2001. – P. 20–26.

23. Jyri Uusitalo. Kemppi Pro News 2/2006. FastROOT Process. – P. 4–8.

24. A. Schierl: «The CMT-Process – A Revolution in welding technology». – Weld. World, 2005, 49, 38. G. Huismann: Direct control of the material transfer, the Controlled Short Circuiting (CSC)-MIG process, ICAWT 2000: Gas Metal Arc Welding for the 21st Century, Dec. 6-8, 2000, Orlando, Florida.

25. Федько, В.Т. Импульсная подача сварочной проволоки с управляемым переносом электродного металла / В.Т. Федько, А.В. Крюков, С.А. Солодский // Наука – Образование – производство: материалы научно-технической конференции. – Нижний Тагил, 2004. – Т.2. – С. 100–103.

26. Lebedev V.A. Application of mechanical oscillations with controllable parameters for improvement of arc mechanized and automatic arc welding and surfacing using consumable electrode / V.A. Lebedev, S.Yu. Maksimov // Doc.XII-2082-12, Draft Agenda Commission XII «Arc Welding Processes and Production Systems» July 9-11, 2012, Denver, USA.