

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

Институт машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра « Сварка, обработка материалов давлением и родственные процессы»

(наименование кафедры)

15.03.01 «Машиностроение»

(код и наименование направления подготовки, специальности)

«Оборудование и технология сварочного производства»

(направленность (профиль)/специализация)

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему «Технология выполнения тройниковых соединений»

на магистральных газопроводах диаметром 700 мм»

Студент

А.В. Стоякин

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

А.С. Климов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Консультанты

В.Г. Виткалов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

И.В. Краснопевцева

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

А.Н. Москалюк

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Допустить к защите

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

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

(личная подпись)

« _____ » _____ 20 _____ г.

Тольятти 2018

АННОТАЦИЯ

Проведение врезки в магистральный газопровод является ответственной операцией, проведение которой должно осуществляться под наблюдением технического персонала. При врезке применяется ручная дуговая сварка покрытыми электродами, которая отличается тяжёлыми условиями труда, малой производительностью, существенными потерями электродов на разбрызгивание и огарки. Следует так же отметить, что ручная дуговая сварка имеет нестабильное качество соединений, которое сильно зависит от квалификации сварщика. Выполнение тройниковых соединений часто сопровождается недопустимыми дефектами, и соединение приходится браковать. Таким образом, ручная дуговая сварка не позволяет достигать высокую производительность.

В работе поставлена цель – повышение производительности и качества работ при проведении врезки в магистральные газопроводы.

Анализ базовой технологии с применением ручной дуговой сварки позволил выявить её недостатки.

При анализе возможных способов сварки было решено выбрать механизированную сварку в углекислом газе проволокой сплошного сечения.

Для достижения поставленной цели в работе решены следующие задачи:

- 1) Предложить меры по повышению технологических свойств механизированной сварки в углекислом газе;
- 2) Разработать технологический процесс врезки в технологический трубопровод с применением модернизированного способа механизированной сварки в углекислом газе;
- 3) Предложить оборудование для осуществления разработанного технологического процесса, планировку участка для выполнения работ.

Пояснительная записка состоит из 71 страницы, графическая часть включает в себя 6 листов формата A1.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1 СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ВЫПОЛНЕНИЯ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ НА МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДАХ	
1.1 Описание магистрального газопровода	7
1.2 Описание врезки в газопровод	8
1.3 Сведения о материале конструкции	13
1.4 Сведения о базовой технологии	14
1.5 Выбор способа сварки	20
1.6 Постановка задач на выполнение выпускной квалификационной работы	27
2 ПРОЕКТНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ВЫПОЛНЕНИЯ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ НА МАГИСТРАЛЬНОМ ТРУБОПРОВОДЕ	
2.1 Выбор оптимальных параметров режима сварки	29
2.2 Повышение эффективности механизированной сварки в среде защитных газов	30
2.3 Описание технологических операций	34
2.4 Оборудование для осуществления технологии	39
3 ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОСТИ И ЭКОЛОГИЧНОСТИ РАЗРАБАТЫВАЕМОГО ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА	
3.1 Технологическая характеристика объекта	45
3.2 Персональные риски, сопровождающие внедрение проектной технологии в производство	47
3.3 Предлагаемые мероприятия по снижению профессиональных рисков в ходе внедрения в производство проектной технологии	48
3.4 Предлагаемые мероприятия по обеспечению пожарной безопасности разрабатываемого технологического объекта	49
3.5 Оценка экологической безопасности разрабатываемого технологического объекта	51
3.6 Заключение по экологическому разделу	52

4 ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЕКТНОЙ ТЕХНОЛОГИИ	
4.1 Исходные данные для проведения экономического расчёта	53
4.2 Вычисление фонда времени работы оборудования	55
4.3 Расчёт времени, затрачиваемого для выполнения годовой программы, и коэффициента, учитывающего загрузку оборудования	56
4.4 Расчет заводской себестоимости базового и проектного вариантов технологии	58
4.5 Калькуляция заводской себестоимости сварки по базовому и проектному варианту технологии	63
4.6 Определение капитальных затрат по базовому и проектному вариантам технологии сварки	63
4.7 Расчёт показателей экономической эффективности проектного варианта технологии	66
4.8 Выводы по экономическому разделу	67
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	68
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ	69

ВВЕДЕНИЕ

На долю природного газа приходится порядка 60 % от всего топливного баланса России. Поскольку природный газ является одним из самых высокоэффективных энергоносителей, при экономическом кризисе проведение газификации лежит в основе социально-экономического развития регионов России, улучшает условия проживания и труда населения, а также снижает загрязнение окружающей среды.

По сравнению с другими видами топлива природный газ обладает следующими преимуществами:

- низкой себестоимостью;
- высокой теплотой сгорания, которая делает целесообразным транспортирование его по магистральному газопроводу на значительное расстояние;
- полным сгоранием, что облегчает условия труда работников, обслуживающих газовое хозяйство;
- отсутствием в его составе угарного газа, что существенно в случаях утечки газа, которая может возникать при проведении газоснабжения коммунальных и бытовых потребителей;
- высокой жаропроизводительностью (более 2000 °С);
- возможностью автоматизации процесса горения;
- высокие значения коэффициента полезного действия у современного газового оборудования.

При использовании газового топлива существует возможность внедрения эффективных методов передачи теплоты, создания экономичных и высокопроизводительных тепловых агрегатов, имеющих меньшие габаритные размеры, стоимость и высокий КПД.

Естественно, большой масштаб интеграции газового топлива в различных отраслях народного хозяйства к работе в проектировании, строительстве и эксплуатации объектов газового хозяйства приводит к

необходимости постоянно привлекать новые кадры и специалистов. Все преимущества газового топлива будут реализованы при условии привлечения специалистов, хорошо усвоивших основы проектирования газовых систем и строго соблюдающих правила безопасности в газовом хозяйстве.

Выполнение работ по подключению новых потребителей газа, реконструкция узлов переключения и установки перемычек выполняется при прямых врезках в магистральные газопроводы и приваркой отводов.

Проведение врезки в магистральный газопровод является ответственной операцией, проведение которой должно осуществляться под наблюдением технического персонала. При врезке применяется ручная дуговая сварка покрытыми электродами, которая отличается тяжёлыми условиями труда, малой производительностью, существенными потерями электродов на разбрызгивание и огарки. Следует так же отметить, что ручная дуговая сварка имеет нестабильное качество соединений, которое сильно зависит от квалификации сварщика. Выполнение тройниковых соединений часто сопровождается недопустимыми дефектами, и соединение приходится браковать. Таким образом, ручная дуговая сварка не позволяет достигать высокую производительность.

Поэтому актуальная цель проекта – повышение производительности и качества работ при проведении врезки в магистральные газопроводы.

1 СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ВЫПОЛНЕНИЯ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ НА МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДАХ

1.1 Описание магистрального газопровода

До того, как газопровод «Сызрань - Ульяновск» был построен, ООО «Газпром трансгаз Самара» поставляло природный газ в Ульяновскую область с использованием двух магистральных газопроводов: Старая Бинарадка-Димитровград-Ульяновск (который был введен в эксплуатацию в 1969 г.) и Новоспасск-Ульяновск (который был введен в эксплуатацию в 1985 г.). В результате развития промышленной инфраструктуры региона произошёл рост газопотребления. Начиная с 2001 года, потребление газа возросло более чем на 40 %.

На основании поручения Председателя Правления ОАО «Газпром» А.Б. Миллера было принято решение о строительстве газопровода-отвода «Сызрань-Ульяновск». Общая протяженность газопровода 152 километра, внутренний диаметр – 700 мм, производительность - 5,4 млрд. кубометров в год. Эксплуатирующая организация - ООО «Газпром трансгаз Самара». Затраты на строительство - около 5,6 млрд. руб. - включены в инвестиционную программу ОАО "Газпром". Трасса газопровода проходит по территории Сызранского района Самарской области вдоль автодороги Сызрань-Ульяновск, через Тереньгульский и Ульяновский районы Ульяновской области. Проектом предусматривается поэтапное строительство объекта - три пусковых комплекса. Строительство началось в сентябре 2010 года. Завершение строительства планируется к концу 2013 года. Строительство газопровода «Сызрань-Ульяновск» ведется в рамках инвестиционной программы Газпрома. Эксплуатирующей организацией станет – ООО «Газпром Трансгаз Самара».

В даны момент времени формируются различные программы для

реконструкций и строительства газораспределительных станций в период с 2015 по 2019 гг., куда уже включены 17 объектов. Ввод этих ГРС позволит провести подключение новых потребителей, как бытовых, так и промышленных.

Первый пусковой комплекс (протяженность -35,5 километров) был построен в рекордно короткий срок – за три месяца. В 2011 году было начато строительство второго пускового комплекса от Сызранской компрессорной станции до поселка Меловой со строительством двух газораспределительных станций для обеспечения 100 % потребности правобережной зоны Ульяновской области. Успешная реализация проекта строительства газопровода-отвода «Сызрань-Ульяновск» на территории региона позволит вдвое увеличить объемы поставок газа. Потребности региона в природном газе будут обеспечены с перспективой до 2025 года и далее. Газораспределительная станция «Ясашная Ташла» - второй и заключительный этап второго пускового комплекса. Строительство третьего пускового комплекса запланировано на 2019 год.



Рисунок 1.1 – Подключение газораспределительной станции к магистральному газопроводу

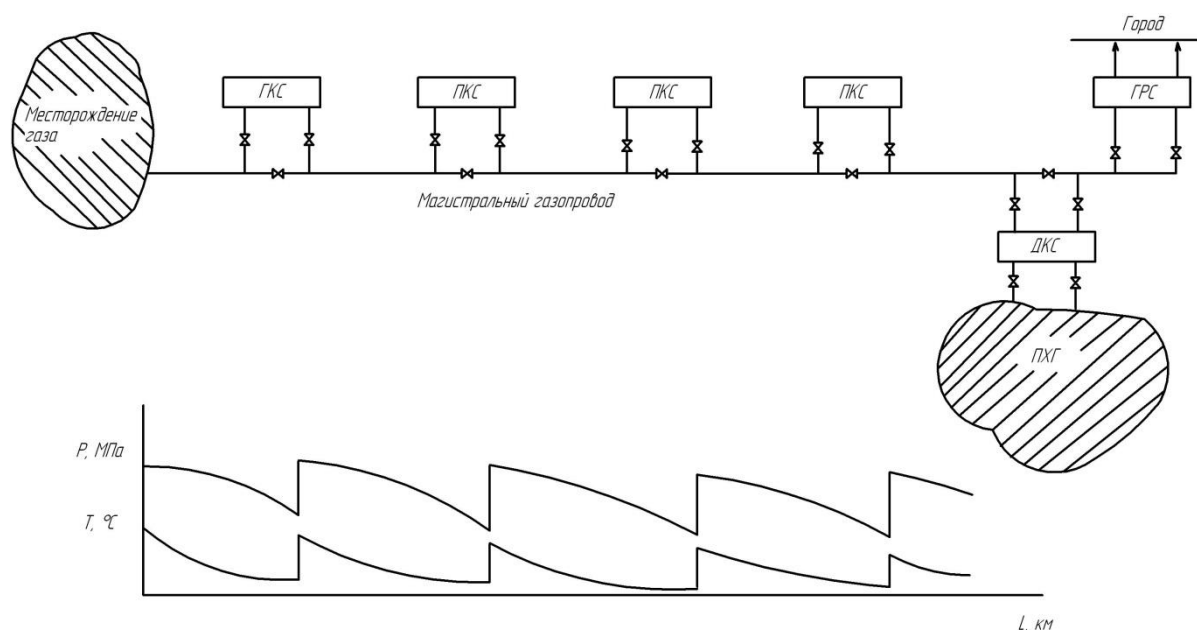
1.2 Описание врезки в газопровод

При каждом новом подключении потребителя газа, либо проведении реконструкции узлов переключения и установке перемычек приходится

выполнять прямые врезки в магистральные газопроводы и приварку отводов (рис. 1.2).

Термин «тройниковое соединение» («прямая врезка») обозначает специальное ответвление от рассматриваемой магистральной трубы газопровода при использовании патрубка меньшего диаметра, который конструктивно выполнен как переходной тройник в базовом (стационарном) или монтажном (трассовом) условии.

Тройниковые сварные соединения (прямых врезок) производятся если диаметр при ответвлении составляет не больше 0,3 диаметра от основной эксплуатируемой магистральной трубы. Если диаметр трубы ответвления более 0,3 от диаметра магистральной трубы, применяется тройник в заводском исполнении.



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

Среди особенностей данных конструкций можно выделить необходимость компенсации потери несущей способности трубопровода, которая обусловлена высокой концентрацией напряжений вокруг технологического отверстия при врезке, необходимость борьбы со свищами, которые сопровождают разгерметизацию ремонтного участка.

Установлено [1], что в случае выполнения неукреплённого технологического отверстия круглой формы на его контуре при плоском напряженном состоянии местное увеличение напряжений может составлять 2...3 раза. Для уменьшения концентрации напряжений необходимо дополнительно увеличить стенку трубы на величину от одной до 2 толщин магистральной трубы. При этом областью с повышенным напряжением, на которой требуется усиление, является тело трубы шириной около одного диаметра отверстия. До недавнего времени наиболее простым самым распространенным способом укрепления при выполнении технологических отверстий в магистральных трубопроводах было использование приварных накладок.

В к отечественном магистральном трубопроводостроении сложилась практика, предусматривающая использование трех основных видов тройниковых соединений:

- выполнение соединения с использованием патрубков («труба в трубу»), которая нашла применение при соотношении диаметров трубы ответвления и магистральной трубы от 0 до 0,2;
- выполнение соединения с использованием патрубков и усиливающих накладок, нашедшее применение при соотношении диаметров трубы ответвления и магистральной трубы от 0,2 до 0,5;
- выполнение соединения с помощью тройников, распространённое при соотношении диаметров трубы ответвления и магистральной трубы от 0,5 до 1,0.

Каждой из таких конструкций присущи свои преимущества и недостатки. Для первой конструкции ограничены диапазоны применения по

соотношению диаметров трубы ответвления и магистральной трубы, что объясняется недостаточной прочностью конструкции.

Для второй конструкции характерны коробления накладки при сварке, препятствующие полноценному прилеганию накладки в требуемом месте, затрудняющие выполнение внутреннего шва при сварке накладки к патрубку или к основной трубе, кроме того появляются характерные дефекты (рис. 1.3). По этим же причинам после нагружения внутренним давлением происходит концентрация силовых потоков на границах внешних сварных швов накладки и основной трубы [2]. В результате этого существует высокая вероятность инициации и прорастания трещины в основном металле (рис. 1.4).

При использовании штамповарных тройников также не удастся полностью устранить концентрацию напряжений [2]. Так при отношении диаметров отводящей трубы и магистральной трубы менее 0,7 в высшей точке пересечения магистральной и отводящей труб наблюдается максимальная концентрация напряжений (рис. 1.5). При этом толщина стенки основной трубы оказывает малое влияние на величину коэффициента концентрации напряжений.

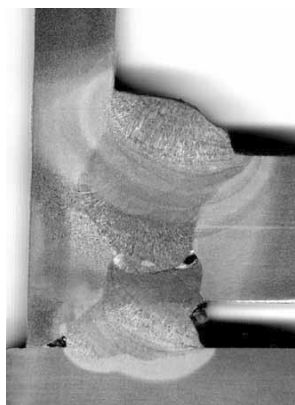


Рисунок 1.3 – Образование характерных сварочных дефектов при выполнении внутреннего шва приварки накладки

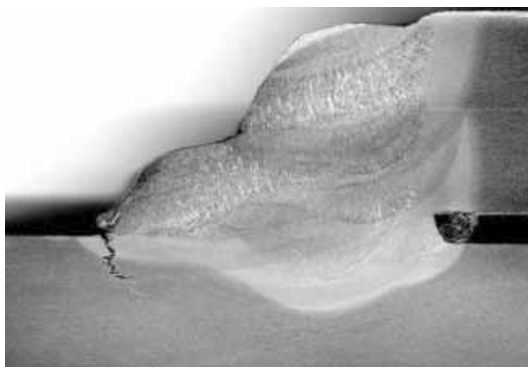


Рисунок 1.4 - Образование на участке перехода от внешнего сварного шва
накладки к магистральной трубе

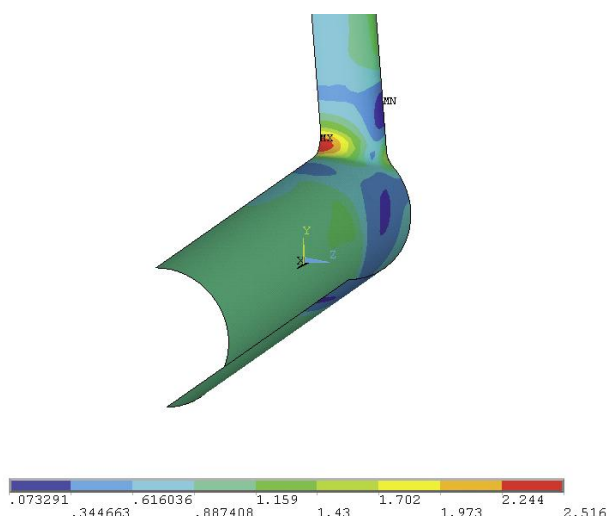


Рисунок 1.5 - Коэффициенты концентрации напряжений в тройнике

1.3 Сведения о материале конструкции

Трубы для строительства рассматриваемого трубопровода изготовлены из стали 09Г2С, являющейся низколегированной конструкционной сталью для проведения сварных работ. Сталь 09Г2С используется при выполнении различных металлических конструкций с применением сварки, которые работают под давлением в условиях воздействия температуры $-70...+425\text{ }^{\circ}\text{C}$. В качестве заменителей стали 09Г2С может выступать стали марки 09Г2 и 09Г2Т, 09Г2ДТ и 10Г2С.

Сталь 09Г2С сваривается без ограничений, т.е. её сварке не требует применения предварительного подогрева и проведения последующей термической обработки.

Таблица 1.1 – Химический состав в % стали 09Г2С

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	N	Cu	As
до 0,12	0,5...0,8	1,3...1,7	до 0,3	до 0,04	до 0,035	до 0,3	до 0,008	до 0,3	до 0,08

Таблица 1.2 – Механические свойства стали 09Г2С при T=20°C

Сортамент	σ_B	σ_T	δ_5
-	МПа	МПа	%
Лист	500	350	21

Реакция на термический цикл стали 09Г2С несколько отличается от реакции обычной низкоуглеродистой стали. Основное различие заключается в некотором увеличении склонности к образованию в металле шва и околошовной зоне закалочных структур в условиях повышенных скоростей охлаждения. Повышенные скорости охлаждения в сварных швах стали 09Г2С кроме феррита и перлита вызывают образование мартенсита, бейнита и остаточного аустенита. Обнаруживаемый в таких швах мартенсит носит бесструктурный характер, а бейнит представлен феррито-карбидной смесью с высокой степенью дисперсности. Количество этих структурных составляющих может изменяться и зависит от температурного цикла в процессе сварки. Уменьшение погонной энергии приводит к повышению количества мартенсита, бейнита и остаточного аустенита в металле шва, а также к увеличению их дисперсности.

Малое количество закалочных структур оказывает незначительное влияние на физико-механические свойства сварного соединения, ввиду равномерной и дезориентированной ориентации этих структур в мягкой ферритной основе. Однако увеличение доли закалочных структур в сварном шве и околошовной зоне резко уменьшают пластичность металла и снижают его стойкость против хрупкого разрушения. Марганец, кремний и другие легирующие элементы способствует образованию большего количества закалочных структур в сварном соединении. Сварку конструкций из стали

09Г2С необходимо производить на режимах с меньшей погонной энергией, чем сварку конструкций из низкоуглеродистой стали.

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

При выполнении сварных конструкций из стали 09Г2С стойкость металла шва против кристаллизационных трещин ниже, чем при использовании низкоуглеродистых сталей. Это происходит вследствие усиления отрицательного влияния углерода и некоторых легирующих элементов, например кремния. Стойкости против трещин может быть повышена путём снижения содержания в металле шва таких элементов как углерод и сера, что достигается применением сварочной проволоки с пониженным содержанием углерода и серы. Существенное влияние на прочность сварных соединений оказывает правильный выбор соответствующей технологии сварки, предусматривающей рациональную последовательность выполнения швов и обеспечивающей благоприятную форму провара.

1.4 Сведения о базовой технологии

Конструкция тройникового соединения не должна иметь конструктивного непровара для углового соединения с усиливающей накладкой. Кроме того следует заблаговременно изготовить усиливающие накладки в базовом (стационарном) состоянии. Для изготовления накладки следует взять трубу того же класса прочности, что и для магистральной трубы.

Труба ответвления (так называемого патрубка) должна располагаться на основной трубе на длине не меньше 250 мм от заводских швов трубы. В

это же время отклонения от перпендикулярности патрубка к магистральной трубе должны быть меньше 1 градуса, кроме того следует обеспечить погрешности расположения оси трубы патрубка и основной трубы меньше чем 5,0 мм.

Чтобы обеспечить требуемые параметры сборки (перпендикулярность, соосность), сборку трубы ответвления (патрубка) и магистральной трубы необходимо производить с использованием специальных инструментов и оснастки (уровень, отвес, угольник, теодолит и др.).

Значения параметров режима сварки при приварке узла врезки устанавливаются такими, чтобы обеспечить основные требования по безопасности и качеству сварочных работ:

- не допускаются прожоги стенки трубы;
- не допускается растрескивание металла в зоне термического влияния;
- не допускается водородное растрескивание.

Сварку производят на постоянном токе обратной полярности («+» на электроде). Рекомендуемые значения параметров режима сварки стыковых, угловых, нахлесточных соединений узлов при выполнении врезки в магистральный газопровод приведены в таблице 1.3.

Таблица 1.3 – Параметры режима сварки

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

«Замки» смежных слоев следует сместить друг от друга на длину от 25 до 30 мм.

Угловые швы патрубков – основная труба тройниковых сварных соединений, которые выполняются с использованием усиливающих

накладок, необходимо контролировать с применением неразрушающих физических методов до сборки и сварки усиливающих накладок.

Сварку тройниковых соединений в монтажных (трассовых) условиях необходимо выполнять за один цикл без перерывов.

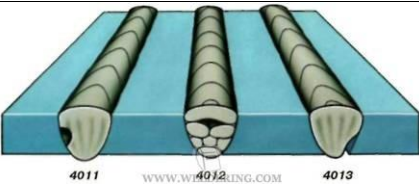
В процессе сварки необходимо проведение приемочного пооперационного визуального контроля каждого слоя шва. Необходимо обеспечить своевременное устранение видимых дефектов швов.

В процессе сварки необходимо зачищать механическим способом каждый слой шва. После проведения сварки необходимо провести зачистку механическим способом облицовочного слоя шва от шлака и брызг наплавленного металла шлифмашинками.

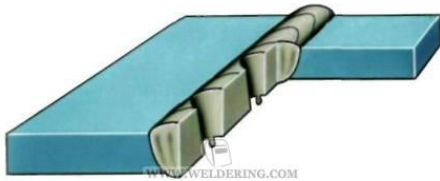
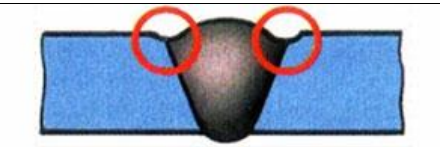
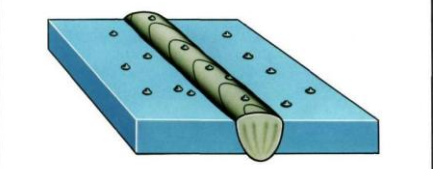
Недостатками базовой технологии является:

- 1) получение большого числа дефектов (табл. 1.4);
- 2) малая производительность сварки (из-за применения ручной дуговой сварки);
- 3) потери электродов на разбрызгивание и огарки.

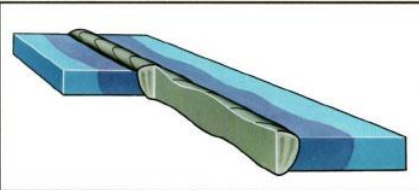
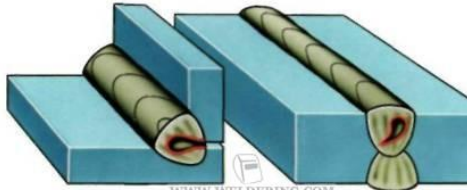
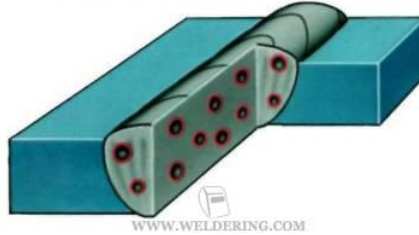
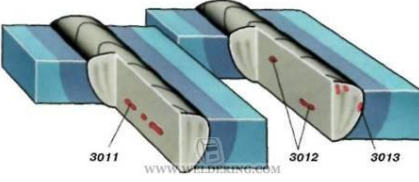
Таблица 1.4 – Сведения о дефектах сварки по базовой технологии [7, 8]

Дефекты	Вид дефекта	Причины образования дефектов
1	2	3
Непровары - в корневом слое; - в заполнении; - на границе с основным металлом;		1) неправильный выбор формы разделки; 2) недостаточная погонная энергия; 3) нарушение подготовки поверхностей; 4) чрезмерная величина притупления; 5) мала величина зазоров; 6) смещение в процессе сварки электрода; 7) некачественное проведение зачистки шва после выполнения прохода

Продолжение таблицы 1.4

1	2	3
Прожоги - одиночный; - протяженный; - дискретный		1) повышенное значение погонной энергии; 2) чрез мерный зазор; 3) недостаточная величина притупления кромок; 4) чрезмерное смещение кромок при сборке; 5) коробление деталей при сварке
Кратеры		1) нарушение техники сварки
Наплывы на сварном соединении		1) чрезмерная величина сварочного тока; 2) чрезмерная скорость сварки; 3) чрезмерная длина дуги (повышенное напряжение); 4) смещение электрода при сварке; 5) недостаточный наклон электрода (неправильное ведение)
Подрезы зоны сплавления. -односторонние; -двухсторонние		1) чрезмерная величина сварочного тока; 2) чрезмерная величина скорости сварки; 3) чрезмерная длинная дуга; 4) недостаточный наклон электрода (неправильное ведение)
Брызги металла		- несоблюдение техники сварки; - длинная дуга.
Вогнутость корня шва		1) большие зазоры; 2) малое притупление кромок.

Продолжение табл. 1.4

1	2	3
Занижение шва		1) чрезмерный зазор кромок; 2) чрезмерная величина угла разделки кромок; 3) нарушение техники сварки.
Свищ сварного шва.		1) низкое качество основного металла; 2) нарушение газовой защиты.
Трещины: - поверхностные; - внутренние; - сквозные; - продольные; - поперечные; - разветвленные		1) превышение времени между сваркой и термообработкой; 2) чрезмерно большая скорость охлаждения; 3) нарушение газовой защиты; 4) низкое качество основного металла.
Поры сварного шва: -одиночные; -рассеянные; -скопления; -цепочка.		1) применение отсыревших электродов; 2) нарушение подготовки свариваемых кромок; 3) чрезмерный диаметр электрода; 4) чрезмерная длина дуги; 5) чрезмерная скорость сварки; 6) нарушение газовой защиты; 7) низкое качество основного металла.
Включения: -шлаковые; -оксидные; -нитридные.		1) нарушения подготовки поверхности деталей; 2) низкое качество основного металла; 3) нарушение технологии сварки; 4) нарушение газовой защиты.

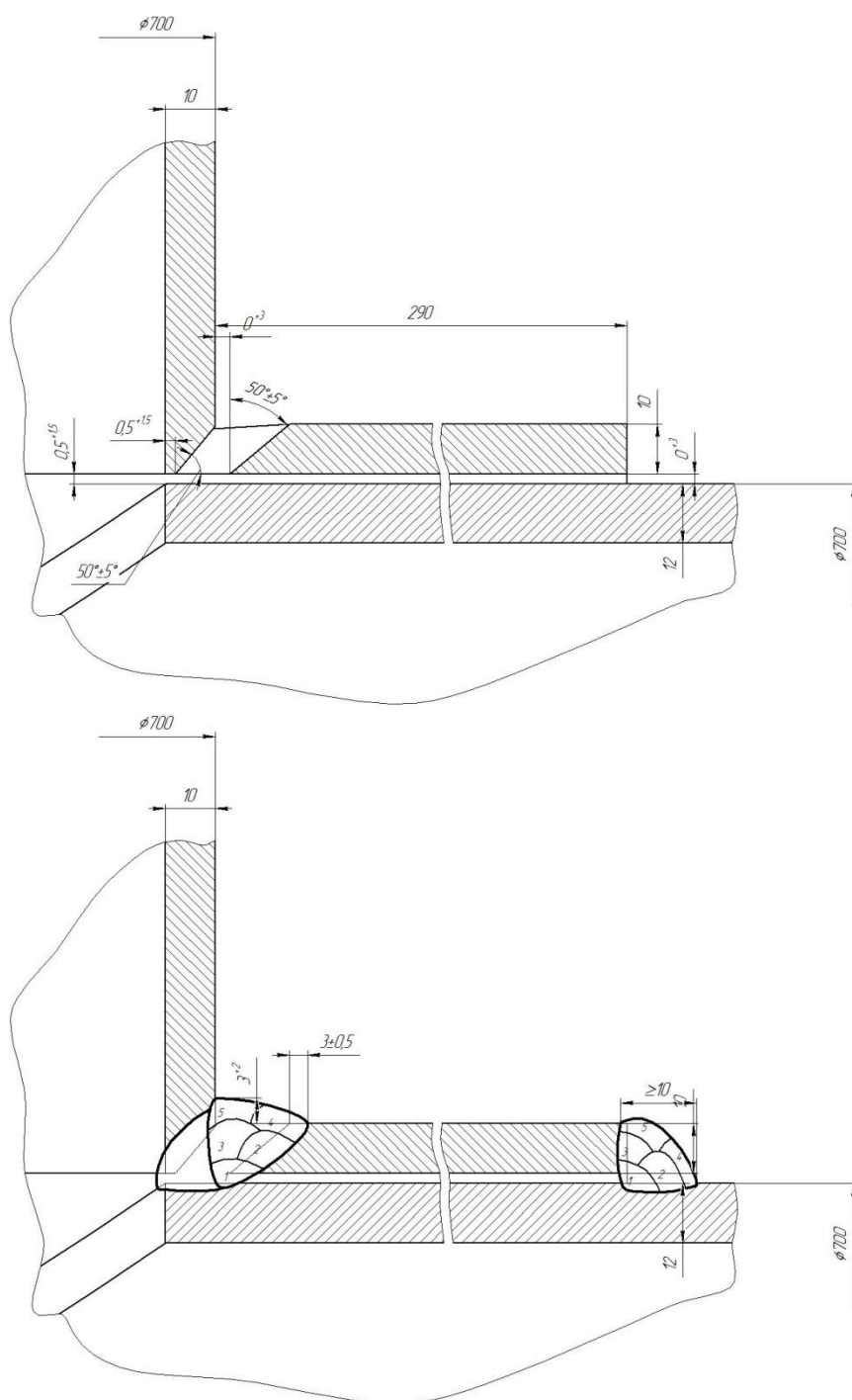


Рисунок 1.6 – Сборка и сварка тройникового соединения с усиливающей накладкой

1.5 Выбор способа сварки

Выбор способа сварки при составлении проектной технологии производим в несколько этапов.

На первом этапе перечислим все возможные способы сварки, обеспечивающие качественную защиту зоны сварки от окружающей среды. Для изготовления сварных конструкций из низколегированных сталей применение нашли следующие способы сварки плавлением [9]:

- сварка с применением неплавящегося электрода в инертных газах;
- ручная дуговая сварка с применением штучных электродов;
- механизированная сварка с применением плавящегося электрода в защитных газах;
- сварка под слоем флюса;
- газовая сварка;
- механизированная сварка порошковой самозащитной проволокой.

На втором этапе производим выбор способов сварки, которые пригодны для выполнения сварных соединений данной толщины. Применительно к трубам с рассматриваемой толщиной стенки 10 мм можно признать пригодными следующие способы сварки:

- сварка с применением неплавящегося электрода в инертных газах;
- ручная дуговая сварка с применением штучных электродов;
- механизированная сварка с применением плавящегося электрода в защитных газах;
- сварка под слоем флюса;
- механизированная сварка порошковой самозащитной проволокой.

На третьем этапе выбираем способов сварки, анализируя протяжённость, конфигурацию и пространственное положение сварных швов. В проекте рассматривается выполнение соединений на трассе, поэтому стык будем считать неповоротным. Дуговую сварку под флюсом трудно

осуществить, из-за осыпания флюса с поверхности трубы и усиливающей накладки. Исходя из этого в качестве пригодных способов можно признать:

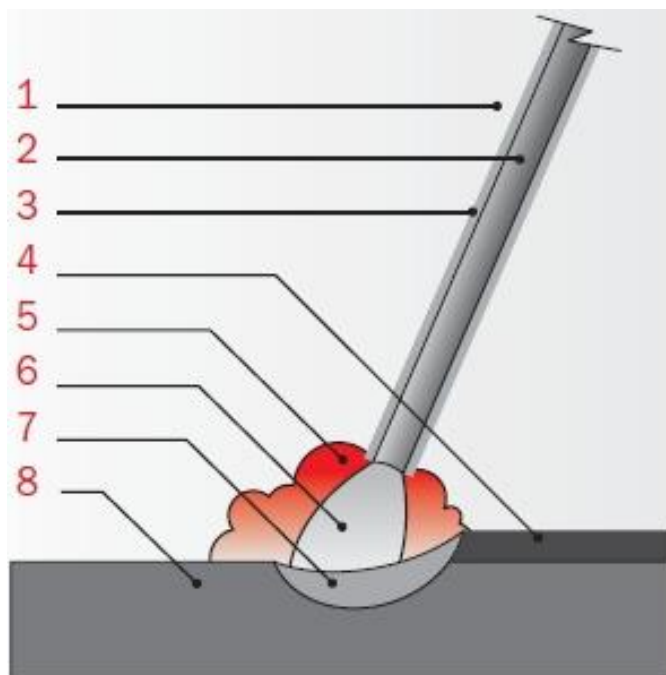
- ручная дуговая сварка с применением штучных электродов;
- сварка с применением неплавящегося электрода в инертных газах;
- механизированная сварка с применением плавящегося электрода в защитных газах.

При проведении процесса **ручной дуговой сварки** (рис. 1.7) свариваемое изделие и сварочный электрод выступают в качестве анода и катода. В качестве сварочного электрода используется металлический стержень, покрытый слоями особого состава (обмазкой электрода). Такое покрытие стабилизирует сварочную дугу, защищает и легирует расплавленный металл в ванне расплава. Есть четыре вида покрытия [10]: основное, целлюлозное, рутиловое и кислое. Сварка рассматриваемых трубопроводов производится только электродами первых и второго видов. Вид покрытия электродов напрямую влияет на его взаимодействие с металлом при сварке. Хим состав металла изделия и выбранная технология сварки определяют применяемый хим состав металла используемых электродов и их покрытий.

В ходе короткого замыкания происходит возбуждение электрической дуги. Проходит следующий процесс: в контактной зоне на катоде образовывается катодное пятно, от сильного нагрева которого возникает электронная эмиссия (испускание электронов с поверхности) при прикладывании напряжения порядка 60...70 В. Для того, чтобы возникла сварочная дуга как газовый разряд необходимо обязательное наличие заряженных частиц. Их образование происходит в результате термических, или ударных ионизаций. Электроны, эмитированные катодом, при соударении с нейтральными ионами приводят к появлению ионов. Возникает в газовых промежутках между двумя электродами носители электричества – отрицательно заряженные электроны и положительно заряженные ионы. В

ходе этого, создается условие к горению сварочной дуги, тепло которой используют при операции сварки.

Металл сварного соединения закристаллизовавшийся металл ванны расплава. Он представляет собой смесь основного металла и электрода. Физико-химическая характеристика металла сварного соединения зависит от правильности выбора технологии сварки, от качества выполнения сварочной операции, правильной подборки режимов и выполнения термической обработки сварного соединения.



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

В числе преимуществ дуговой сварки с применением штучных электродов следует отметить: во-первых, гарантированное качественной шлаковой защиты сварного шва при условии равномерного плавления металла электрода и обмазки; во-вторых, возможность легирования металла шва. В числе недостатков дуговой сварки с применением штучных электродов следует отметить: во-первых, ручной труд; во-вторых,

необходимость высокой квалификации сварщика для получения стабильного качества сварных швов, которое напрямую зависит от квалификации и кондиции сварщика; в-третьих, необходимость частой смены электродов и прерывание процесса сварки; в-четвёртых, отсутствие возможности и механизации автоматизации процесса сварки изделий.

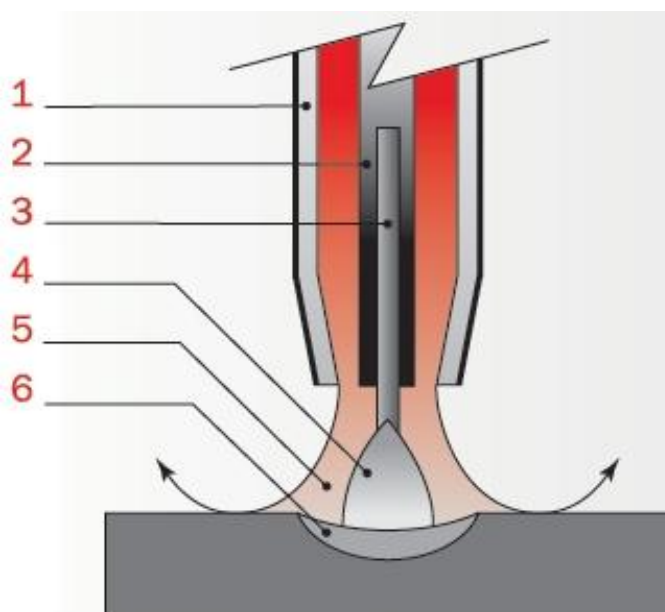
Механизированная сварка в защитном газе плавящимся электродом (рис. 1.8) может производиться в среде активных газов и среде инертных газов. Сварка в активных газах получила широкое промышленное применение после того, как был предложен способ механизированной сварки в углекислом газе плавящимся электродом [11]. До этого применению углекислого газа для создания защитной атмосферы препятствовало порообразование в швах, возникающее по причине кипения металла сварочной ванны от выделений монооксида углерода из-за недостаточного раскисления сварочной ванны. При использовании сварочной проволоки с повышенным содержанием кремния (Св-08ГС и Св-08Г2С) этот недостаток был устранён [12], что послужило широкому использованию углекислого газа в сварочном производстве.

Промышленное применение дуговой сварки плавящимся электродом в защитных газах постоянно расширяется, и есть все основания полагать, что это будет происходить и в будущем. Анализ литературы [13...17] свидетельствует, о доминации дуговой сварки в среде защитных газов перед другими способами сварки плавлением, при этом, тенденция к замене ручной сварки с применением штучных электродов механизированными способами сохранена.

В качестве преимуществ механизированной сварки в активных газах следует отметить: во-первых, хорошую газовую защиту сварочной ванны и металла шва; во-вторых, относительную простоту и малую стоимость сварочного оборудования; в-третьих, высокую производительность. В качестве недостатков механизированной сварки в активных газах следует отметить: в-первых, необходимость в оснащении сварочного оборудования

механизмом подачи присадочной проволоки, от особенностей работы которого сильно зависит качество выполняемых сварных соединений [18]; во-вторых, необходимость использования газовых баллонов; в-третьих, необходимость борьбы с разбрызгиванием материала. Основным преимуществом механизированной сварки в средах защитного газа считают повышенную вязкость металла расплава, которая позволяет выполнить сварку стыкового шва на весу и выполнить механизацию сварки неповоротных стыков для разных пространственных положений.

Механизированную сварку в углекислом газе с применением плавящегося электрода (сварочной проволоки) применяют при выполнении первого (корневого) слоя шва поворотных стыков на трубосварочных базах и на трассе.



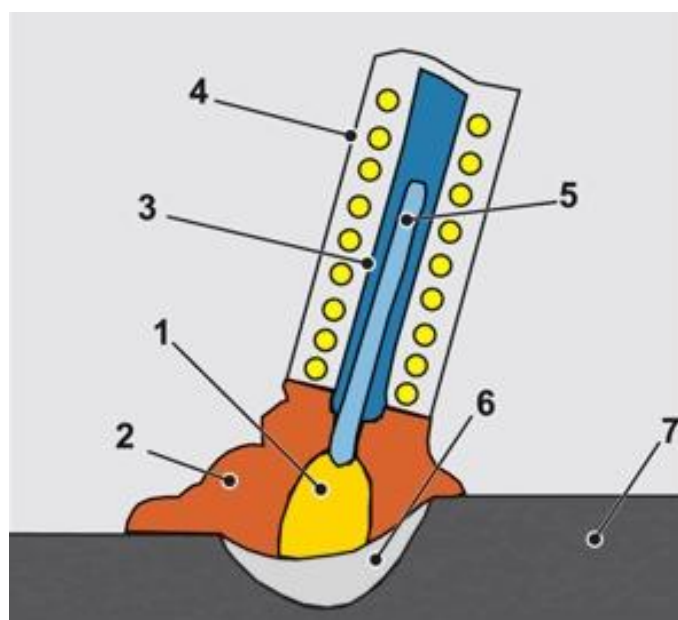
1 – Сопло; 2 – Наконечник; 3 – Проволока-электрод; 4 – Сварочная дуга;
5 – Газовая защита; 6 – Сварочная ванна

Рисунок 1.9 – Схема механизированной сварки в среде защитных газов

Механизированная сварка с применением самозащитной порошковой проволоки, обладает положительными свойствами ручной дуговой сварки с применением штучных электродов (защита, легирование и раскисление расплавленного металла), и механизированной сварки с

применением проволоки сплошного сечения в защитном газе (высокой производительностью). Применение самозащитных порошковых проволок при сварке даёт существенные производственные преимущества, которые особенно сильно проявляются в монтажных условиях. Также следует отметить отсутствие необходимости в использовании газовой аппаратуры (не нужны баллоны, шланги, газовые редукторы), флюса и флюсоподающей аппаратуры, которые усложняют процесс сварки или повышают его трудоемкость (требуется проведение засыпки и уборки флюса и пр.).

В числе преимуществ механизированной сварки самозащитными порошковыми проволоками следует отметить также возможность наблюдения за подачей электрода в разделку, которое особенно важно при проведении сварки с поперечными колебаниями. Также в числе преимуществ следует отметить возможность слежения за образованием шва. За счёт изменения состава шихты порошковой проволоки можно осуществлять воздействие на химический состав металла шва и изменять технологические характеристики сварочной дуги.



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

Рисунок 1.10 – Схема сварки порошковой проволокой

Характер расплавления дугой порошковой проволоки определяются некоторыми особенностями ее конструкции. Поскольку сердечник порошковой проволоки на 50...70 % состоит из неметаллических материалов, его сопротивление электрическому току на несколько порядков больше, чем сопротивление электрическому току металлической оболочки проволоки. По этой причине практически весь сварочный ток протекает по металлической оболочке, расплавляя ее. Сердечник проволоки, который расположен внутри оболочки, при этом плавится под действием теплоизлучения дуги и теплопередачи от расплавляющегося металла оболочки. По этой причине сердечник происходит выступание сердечника из оболочки, его касание ванны жидкого металла и частичный переход в сварочную ванну частично в нерасплавленном состоянии. Это вызывает засорение металла шва неметаллическими включениями.

Поскольку металлическая оболочка порошковой проволоки обладает малой жесткостью, для её подачи требуется применение подающих механизмов, имеющих ограниченное усилие сжатия в подающих роликах проволоки. Сварку обычно выполняют в нижнем и, очень редко, в вертикальном положениях. Это происходит по причине того, что при сварке порошковой самозащитной проволокой образуется сварочная ванна повышенного объема, которая покрыта жидкотекучим шлаком. Такая ванна не может удерживаться в вертикальном и потолочном положениях.

Поскольку на поверхности сварочной ванны присутствует шлак, который замедляет кристаллизацию расплавленного металла, ухудшаются условия образования шва в других пространственных положениях, отличных от нижнего. Существенным недостатком порошковых самозащитных проволок, сдерживающим их широкое промышленное применение, является высокая порообразование в металле шва, которое получается по причине наличия пустот в проволоке. Также, нерасплавившиеся компоненты шихты

проволоки, которые переходят в сварочную ванну, приводят к появлению газообразных продуктов в металле шва.

В таких условиях выбор параметров режима сварки (силы тока, напряжения на дуге, вылета электрода) существенно влияет на возможность образования пор в сварном шве. Повышение вероятности образования пор происходит также по причине влаги, попадающей в наполнитель в процессе хранения проволоки. Также на порообразование влияют смазка и ржавчина, следы которых присутствуют на металлической оболочке проволоки.

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

1.6 Постановка задач на выполнение выпускной квалификационной работы

В работе была поставлена цель – повышение производительности и качества работ при проведении врезки в магистральные газопроводы. Анализ базовой технологии с применением ручной дуговой сварки позволил выявить следующие её недостатки:

- 1) получение большого числа дефектов;
- 2) малая производительность сварки;
- 3) потери электродов на разбрызгивание и огарки.

При анализе возможных способов сварки было решено выбрать механизированную сварку в углекислом газе проволокой сплошного сечения. Отмечены и недостатки этого способа сварки:

- 1) Повышенное разбрызгивание
- 2) Производительность сварки ограничена усилением разбрызгивания при увеличении сварочного тока;
- 3) Большое число дефектов из-за высокой вязкости расплавленного металла, нарушается формирование корня 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 врезки в технологический трубопровод с применением модернизированного способа механизированной сварки в углекислом газе;

3) Предложить оборудование для осуществления разработанного технологического процесса, планировку участка для выполнения работ.

2 ПРОЕКТНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ВЫПОЛНЕНИЯ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ НА МАГИСТРАЛЬНОМ ТРУБОПРОВОДЕ

2.1 Выбор оптимальных параметров режима сварки

Диаметр электрода оказывает существенное влияние на характер переноса электродного металла в ванну, определяющего условия его взаимодействия с поверхностью ванны, а следовательно, и его роль в формировании потоков в ней.

При крупнокапельном переносе капля, имеющая большую площадь соприкосновения с поверхностью ванны, должна преодолеть силы поверхностного натяжения. При этом происходит потеря ее кинетической энергии на образование поверхностных колебаний. В случае струйного переноса электродного металла поверхность контакта струи с ванной незначительна. При этом плавящийся металл электрода свободно проникает (вливается) в глубь ванны, создавая в ней поток, который движется с большой скоростью, обеспечивая интенсивный перенос тепла ко дну ванны и увеличивая ее глубину.

Плазменный ниток дуги, воздействуя на поверхность сварочной ванны, не может проникнуть (в большинстве случаев при качественном формировании сварного шва) в ее глубину из-за малой плотности плазмы по отношению к плотности жидкого металла. Он растекается по поверхности ванны, деформируя ее и создавая в ней поверхностные потоки. Соотношение интенсивностей этих потоков (осевого глубинного и поверхностного) определяет условия тепло и массопереноса в сварочной ванне, и соответственно влияет на основные геометрические параметры и качество формирования сварного соединения.

На основании литературных данных примем следующие значения параметров режима сварки:

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

В последнее время все большее внимание уделяется дуговой механизированной сварке с импульсным воздействием на процесс за счет импульсов тока от специальных источников (импульсно-дуговой процесс) или применения импульсной подачи электродной проволоки. Эти воздействия дают определенные преимущества по сравнению со стационарными (невозмущенными) процессами.

В 1960-е годы получил достаточно широкое распространение импульсно-дуговой процесс сварки, суть которого заключалась в использовании импульсных алгоритмов управления источником сварочного тока процессом переноса электродного металла [9].

В настоящее время совершенствование сварочных процессов и оборудования для механизированной сварки в основном происходит с учетом возможностей, которые можно получить, используя инверторные источники сварочного тока и разнообразие алгоритмов управления переносом электродного металла и циклом сварки.

Управление переносом электродного металла является одним из самых эффективных способов совершенствования дуговых механизированных процессов, который может быть реализован при использовании импульсного воздействия источника питания дуги и импульсной подачи электродной проволоки. Следует отметить, что применение управляемой импульсной подачи электродной проволоки, осуществляемое при помощи специальных механизмов, технически проще, чем с использованием импульсного источника питания дуги. Это позволяет значительно достигнуть значительного снижения показателей разбрызгивания электродного металла, расширения диапазонов толщин свариваемого металла, а также получить возможность влияния на формирование сварного шва, качество его металла и металла околошовной зоны. Основной задачей, которую необходимо решать при этом, является выбор механизма рациональной конструкции и с определенными техническими и технологическими возможностями [18, 19].

Предлагаемое устройство импульсной подачи токоведущей проволоки (рис. 2.1) содержит цилиндрический корпус 1, имеющий форму цилиндра с фланцем. Корпус 1 имеет резьбу на наружной поверхности фланца и на внутренней поверхности с противоположной стороны корпуса 5. Внутри корпуса 1 размещена втулка 2 с фланцем и резьбой на внешней поверхности.

Втулка 2 посредством резьбы на внешней поверхности ее фланца соединена с регулировочной гайкой 3. Между гайкой 3 и втулкой 2 установлена шайба 4. На фланце корпуса 1 с помощью резьбового соединения закреплена крышка 5. Внутри корпуса 1 по оси устройства расположена токоподводящая проволока 6. Вокруг токоподводящей проволоки 6, внутри корпуса 1 и втулки 2. расположен захватный элемент, состоящий из втулки 7. с обеих сторон которой жестко закреплены пружины 8 и 9.

Пружина 8 захватного элемента, установленная со стороны рабочего конца токоподводящей проволоки 6. представляет собой цилиндрическую пружину сжатия и вторым концом закреплена между втулкой 2 и шайбой 4.

С противоположной стороны втулка 7 захватного элемента подпружинена пружиной 9, закрепленной вторым концом между крышкой 5 и корпусом 1 посредством шайбы 10. Пружина 9 и втулка 7 захватного элемента выполнены из материала, проявляющего эффект памяти формы, например из никелида титана (49,5% Ni; 50,5% Ti).

На регулировочной гайке 3 жестко закреплен задерживающий захват - стопор. Стопор состоит из корпуса стопора 11, выполненного в форме втулки с коническим отверстием внутри. Корпус стопора 11 расположен так, что диаметр внутреннего отверстия больше со стороны рабочего конца токоподводящей проволоки 6. С обоих концов стопор имеет отверстия с диаметром, несколько большим диаметра токоподводящей проволоки 6. Внутри корпуса стопора 11 со стороны меньшего диаметра внутренней полости корпуса 11 расположены три стопорных шарика 12, подпружиненных конической пружиной 13.

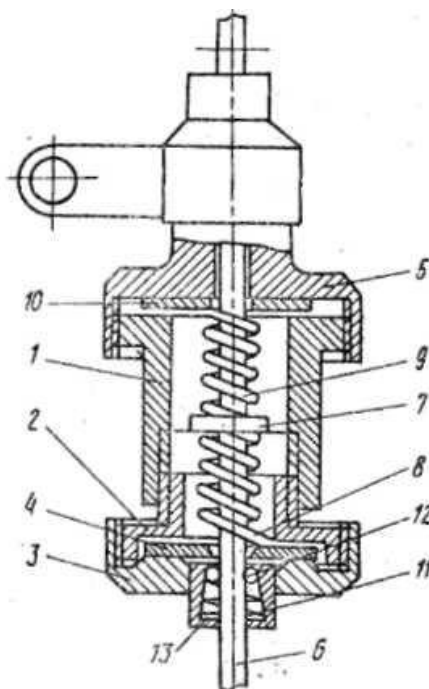


Рисунок 2.1 – Схема устройства для импульсной подачи электродной проволоки

Предлагаемое устройство работает следующим образом. Импульсный ток, проходя по токопроводящей проволоке 6, нагревает её и передает часть

тепла деталям, наиболее близко расположенным к токоподводящей проволоке 6. В предложенной конструкции особенно подвержены нагреву детали захватного элемента: втулка 7 и пружины 8 и 9, так как для этих деталей наибольшее отношение площади поверхности близко расположенной к нагреваемой токоподводящей проволоке 6 к объему данных деталей. Выполнение задней пружины 9 захватного элемента из материала, обладающего эффектом памяти формы, позволяет тренировкой на обратимую память придать ей более мощные упругие свойства при нагреве пружины и уменьшить упругость пружины до первоначального значения при остывании задней пружины 9 захватного элемента. Материал и геометрия пружины 9 (диаметр проволоки 6, диаметр пружины, шаг пружины, длина пружины) подбираются: такие, чтобы при ее нагреве усилие пружины было достаточно для сжатия пружины 8 и перемещения токоподводящей проволоки 6 на определенную величину за один импульс тока.

При прохождении импульса тока по сварочной проволоке 6 происходит нагрев этой проволоки, пружин 8, 9 и втулки 7. При этом втулка 7 захватного элемента, выполненная из материала, обладающего эффектом памяти формы, уменьшая свой внутренний диаметр в направлении, перпендикулярном от устройства, плотно охватывает сварочную проволоку 6, а пружина 9 захватного элемента, выполненная из материала, обладающего эффектом памяти формы, при нагреве проявляет повышенные упругие свойства и перемещает втулку 7 с проволокой 6. При этом перемещение втулки 7 с токоподводящей проволокой 6 или рабочий ход пружины 9 зависит от жесткости пружины 3.

В зависимости от первоначального усилия сжатия пружины 9 захватного элемента, выполненной из материала, проявляющего эффект памяти формы, по-разному происходит изменение упругих свойств этой пружины 9 при ее нагреве. При настройке устройства первоначальное усилие сжатия пружины 9 захватного элемента можно регулировать завинчивая втулку 2 совместное гайкой 3 в цилиндрический корпус 1.

2.3 Описание технологических операций

Патрубок на основной трубе должен быть размещён на расстоянии не менее 250 мм от заводского шва трубы. При установке патрубка величину отклонения от перпендикулярности патрубка к основной трубе следует сохранять в пределах 0...1 градусов. Величину смещения оси трубы и оси патрубка следует сохранять в пределах 0...5 мм.

Технологический процесс начинается с разметки труб и заготовок под выполнение тройникового соединения. Шаблон накладывают на трубу и обводят, выполняя риски чертилкой, контур для резки. Точность разметки составляет ± 1 мм. Вырезка технологического отверстия под патрубок должна производиться на расстоянии от заводского шва трубы или стыка труб не менее 250 мм.

После вырезки производят зачистку резаных торцев отверстий и конца патрубка шлифмашинкой с абразивным инструментом и дисковыми проволочными щетками. Торцы отверстия в основной трубе зачищают механическим способом, ликвидируя острые края. Торец ввариваемого патрубка обрезают по шаблону, и он должен иметь разделку кромок 50 градусов и с притупление величиной 1,5...2,0 мм. Перед сваркой необходимо произвести зачистку поверхности основной трубы, патрубка и усиливающей накладки до металлического блеска на расстоянии 20 мм от торцев.

Далее производят сборку с прихваткой основной трубы и патрубка. Для обеспечения перпендикулярности свариваемых труб параметров следует применять специальные инструменты и оснастку (уровень, отвес, угольник, теодолит и др.). Прихватку производят при помощи механизированной сварки в среде защитного газа проволокой сплошного сечения. Длина прихваток 80...100 мм, количество прихваток - не менее 4х. Прихватки выполнять на тех же режимах, что и сварку. Используют выпрямитель

выпрямитель ВС-600 производства ЗАО «НПФ ИТС» и проволоку Св-08Г2С (табл. 2.2).

Таблица 2.2 – Химический состав проволоки Св-08Г2С

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

Таблица 2.3 – Механические свойства наплавленного металла

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

Производят сварку патрубка и основной трубы. Выполнение сварки должно происходить в присутствии аттестованных специалистов сварочного производства II или III уровня. Допускаются к выполнению сварки сварщики, которые прошли аттестацию по «Правилам аттестации сварщиков и специалистов сварочного производства» ПБ 03-273-99 и имеют соответствующее удостоверение. Для допуска сварщиков к выполнению сварки необходимо провести допускные испытания.

Возбуждать дугу необходимо только на кромке свариваемого элемента. Для предотвращения образования пор, обрыв дуги следует делать только на одной из свариваемых кромок.

Не допускаются присадки, которые подаются в сварочную дугу или предварительно закладываемые при разделке кромок.

Сварку каждого валика шва выполняют участками количеством не менее шести. Каждый выполняемый участок должен располагаться диаметрально противоположно ранее сваренному участку. В случае вертикальной врезки при выполнении участка направление его сварки

должно совпадать с направлением сварки ранее сваренных участков. В случае горизонтальной врезки при выполнении участка направление его сварки должно быть противоположным к направлению сварки ранее сваренных участков. В обоих случаях сварку выполняют на подъем.

Смещение «замков» смежных слоев друг от друга производят на расстоянии от 25 до 30 мм.

В процессе сварки следует осуществлять приемочный пооперационный визуальный контроль каждого слоя сварного шва. Необходимо производить своевременное устранение видимых дефектов швов.

Угловые швы «патрубок – основная труба» тройниковых сварных соединений, выполняемых с усиливающими накладками, контролируются неразрушающими физическими методами до выполнения сборки и сварки усиливающих накладок.

При этом визуальный контроль 100 % швов с применением лупы 10 крат и ультразвуковой контроль с применением дефектоскопа УД2-12.

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

Далее производится сборка с прихватками накладки и основной трубы. Смещение накладки не более 1 мм. Прихватки выполняются при тех же режимах и том же оборудовании, что и сварка. Общее количество прихваток – не менее 8 штук, длина каждой прихватки 25...40 мм.

После этого производится сварка накладки и основной трубы. Требования, параметры режима и оборудования те же, что и при сварке патрубка и основной трубы.

Величину катета углового шва, который усиливает накладки прямых врезок (нахлесточных соединений) следует брать не меньше чем толщина стенки основной трубы.

Конструкция тройникового соединения не допускает конструктивные непровары углового соединения с усиливающими накладками.

Сварку тройникового соединения в монтажных (или трассовых) условиях следует выполнять за один цикл без перерыва.

При сварке каждый слой сварного соединения необходимо зачистить механическими способами. После операции сварки облицовочный слой сварного соединения зачищают от шлака и брызг наплавленного металла механическими способами, к примеру, шлифмашинками.

После окончания сварки все тройниковые сварные соединения следует накрыть влагонепроницаемыми теплоизолирующими поясами до момента полного остывания. Места в непосредственной близости к тройниковому сварному соединению должны иметь нанесенные клейма сварщиков несмываемой краской.

При проведении работ по диагностическому обследованию тройниковых соединений производятся:

- 1) Анализ проектной, исполнительной и эксплуатационной документации.
- 2) Диагностическое обследование тройниковых соединений

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 определяют:

- геометрические размеры и дефекты формы сварных швов;

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

Таблица 2.3 – Перечень оборудования для проведения диагностических работ

Наименование оборудования	Вид работы
Комплект для ВИК, - лупа 10х; - рулетка 10 м; - линейка; - шаблон сварщика УШС-1.	Проведение визуального и измерительного контроля изоляционного покрытия труб, основного металла и сварных швов
Люксметр	Проведение проверки интенсивности освещения при осуществлении неразрушающего контроля
Образцы шероховатости	Проведение контроля шероховатости зачищенных поверхностей перед неразрушающим контролем
Ультразвуковой дефектоскоп	Поиск и дефектов сварных швов
Комплект СОП	Проведение настройки и проверки работоспособности ультразвукового дефектоскопа
Фотоаппарат	Осуществление фотосъемки дефектов и несоответствий
Ноутбук, принтер	Проведение подготовки предварительных отчетов и распечатка другой необходимой документации

Ультразвуковой контроль сварных соединений проводится в объеме 100% длины сварного соединения, с целью выявления внутренних дефектов типа – трещин, непроваров, пор, шлаковых включений в сварных швах с определением условных размеров.

Ручной контроль необходимо применять для уточнения результатов автоматизированного контроля.

Результаты измерений и параметры обнаруженных дефектов заносятся в соответствующий протокол ультразвукового контроля по каждому сварному соединению.

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.



Рисунок 2.2 – Общий вид машины CG2-800

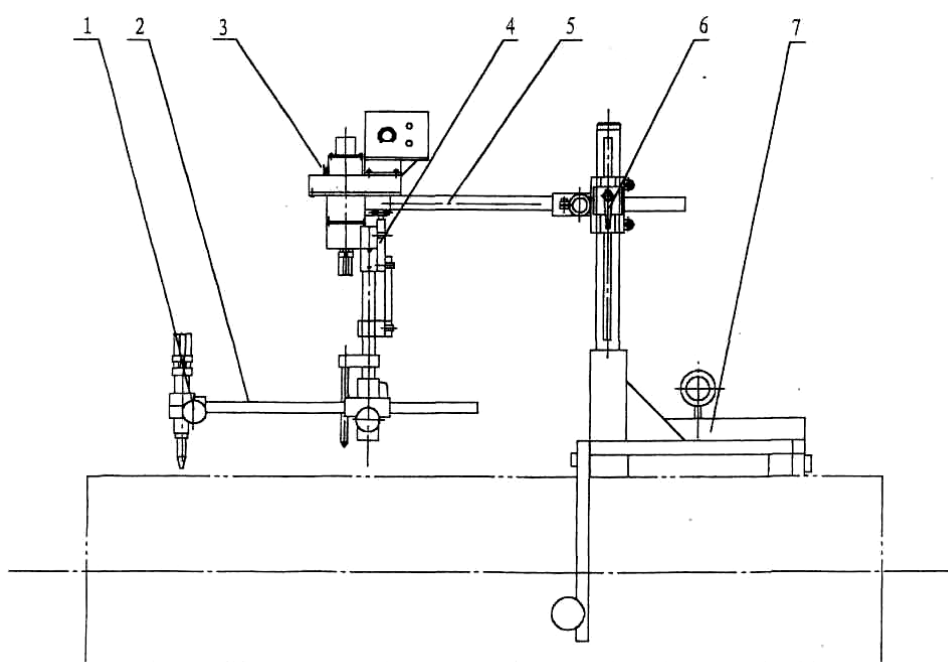


Рисунок 2.3 – Состав машины CG2-800

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.

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 $\pm$ 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, износоустойчивая 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).

Выпрямители ВС-600 в составе комплекта с полуавтоматом предназначены для механизированной сварки с применением плавящейся

электродной проволоки в средах защитных газов с использованием постоянного тока, могут быть использованы в качестве источников сварочного напряжения для сварочных автоматов и т.п.



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



Рисунок 2.5 – Выпрямитель сварочный ВС-600

В качестве полуавтомата будем использовать подающий механизм ПДГ-312-5 (рис.2.6). Данные механизмы подачи проволоки (сварочный полуавтомат) ПДГ-312-5 предназначены для полуавтоматической дуговой сварки металлической конструкции из низкоуглеродистой, легированной и коррозионно-стойкой стали с применением плавящейся электродной проволоки в средах CO_2 , его смеси и в средах аргона. Механизмы для подачи проволоки ПДГ-312-5 используются в составе сварочных

полуавтоматов в комплектах со сварочным выпрямителем ВС-300Б, ВС-303 «Корунд», ВДГ-303, ВС-360 «Корунд» или аналогичными. Сварку осуществляют постоянным током обратной полярности.



Рисунок 2.6 – Подающий механизм ПДГ-312-5

Дефектоскопы ультразвуковые УД2-12 (рис. 2.7) предназначены для выявления дефектов типа нарушения сплошности и однородности в сварном соединении, материале, полуфабрикате или готовом изделии. Он производит измерение глубины залегания и координату дефекта, а также отношение амплитуды сигнала от дефекта. Его используют для ручного контроля эхо-теньевым и зеркально-теньевым методом, кроме того он применяется для малокабельных установок механизированного контроля. Дефектоскоп обеспечивает контроль материала со скоростью распространения продольных ультразвуковых колебаний (УЗК) в диапазонах от 2240 до 6700 м/с и затухании продольных УЗК не больше 3,9 дБ/см. Диапазон толщины для контролируемого материала (по сталям) от 1 до 999 мм по цифровым индикаторам и от 1 до 5000 мм по экранам ЭЛТ.



Рисунок 2.7 – Дефектоскоп УД2-12

3 ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОСТИ И ЭКОЛОГИЧНОСТИ РАЗРАБАТЫВАЕМОГО ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА

3.1 Технологическая характеристика объекта

Для внедрения предлагаемых в данной выпускной квалификационной работе технологических мероприятий необходимо произвести поиск опасных и вредных производственных факторов, которые сопровождают проектный технологический процесс. Далее необходимо предложить меры, которые устранят опасные и вредные производственные факторы или позволят уменьшить их до приемлемого уровня.

В проектной технологии предлагается использовать механизированную сварку с защитных газов с импульсной подачей проволоки вместо ручной дуговой сварки штучными электродами. Как показывает практика, применение импульсных источников питания позволяет улучшить санитарно-гигиенические характеристики дуговой сварки, так как они позволяют снизить избыточную энергию дуги, осуществлять управление переносом электродного металла, уменьшить его разбрызгивание. Таким образом уменьшается выделение в воздух рабочей зоны вредных веществ в составе сварочного аэрозоля [20, 21, 22]. Становится возможным повышать качество сварных соединений, управлять геометрическими параметрами сварного шва, снижать энерго- и ресурсозатраты на процесс сварки и, предположительно, снижать выделение вредных веществ в воздух рабочей зоны. Последнее остается весьма актуальной задачей при решении проблемы защиты сварщика и окружающей среды от неизбежных вредных выделений сварочных аэрозолей, особенно при применении легированных электродных проволок [23, 24].

Таблица 3.1 - Технологический паспорт объекта

Наименование технологических операций и выполняемых работ при осуществлении технологии	Наименование должности работника, в обязанности которого входит выполнение данной технологической операции	Перечень оборудования, устройств и приспособлений, применяемых при выполнении технологической операции	Вещества и материалы, применяемые при выполнении технологической операции
1. Подготовительная операция	Слесарь-сборщик	Кромкострогальный станок, машинка шлифовальная	СОЖ, абразивный круг
2. Сборочная операция	Слесарь-сборщик	Центратор типа ЦН	Сжатый воздух
3. Проведение предварительного подогрева собранного стыка труб	Электросварщик на автоматических и полуавтоматических машинах	Подогреватель стыков индукционный	-
4. Осуществление сварки стыка на трубопроводе	Электросварщик на автоматических и полуавтоматических машинах	Источник питания сварочной дуги, центратор типа ЦН, сварочный полуавтомат	Проволока присадочная, электроды LB-62
5. Проведение зачистки сварного шва	Слесарь-сборщик	машинка шлифовальная, зубило, молоток	Абразивный круг
6. Проведение контроля качества сварных стыков труб	Дефектоскопист ультразвукового контроля	Аппарат ультразвукового контроля	Масло

3.2 Персональные риски, сопровождающие внедрение проектной технологии в производство

Таблица 3.2 –Профессиональные риски, сопровождающие осуществление проектной технологии

Наименование технологической операции, выполняемые работы	Опасные и вредные производственные факторы, сопровождающие осуществление проектной технологии	Источник появления опасных или вредных производственных факторов
1. Подготовительная операция	- острые кромки, заусенцы и шероховатости, присутствующие на поверхностях заготовок, инструмента и оборудования; - подвижные части механизмов, производственного оборудования и машин	Станок для проведения подготовки кромок, шлифмашинка
2. Сборочная операция	- острые кромки, заусенцы и шероховатости, присутствующие на поверхностях заготовок, инструмента и оборудования; - подвижные части механизмов, производственного оборудования и машин	Наружный трубный центратор
3. Проведение предварительного подогрева собранного стыка труб	- повышенное значение напряжения в электрической цепи, для которой присутствует риск замыкания через тело человека; - высокая температура нагрева поверхности оборудования, заготовок и сварочных материалов	Индукционный трубный подогреватель
4. Осуществление сварки стыка труб	- повышенное значение напряжения в электрической цепи, для которой присутствует риск замыкания через тело человека; - высокая температура нагрева поверхности оборудования, заготовок и сварочных материалов; - повышенное значение в рабочей зоне уровня ультразвуковых волн; - повышенное значение в рабочей зоне уровня инфракрасной радиации	Сварочный источник тока, наружный трубный центратор, сварочный полуавтомат

Продолжение таблицы 3.2

1	2	3
5. Проведение зачистки сварного шва	- наличие острых кромок, заусенцев и шероховатостей на поверхностях заготовок, инструмента и оборудования; - подвижные части механизмов, производственного оборудования и машин - риск замыкания через тело человека электрической цепи, имеющей повышенное значение напряжения	Шлифмашинка, молоток, зубило
6. Проведение контроля качества сварных стыков труб	- повышенное значение в рабочей зоне уровня ультразвуковых волн	Аппарат ультразвукового контроля

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

Таблица 3.3 – Выбор методов и средств по снижению воздействия каждого опасного и вредного производственного фактора

Перечень опасных и вредных производственных факторов, сопровождающих проектную технологию	Перечень предлагаемых организационных мероприятий и технических средств, осуществляющих защиту, снижение и устранение данного опасного и вредного производственного фактора	Наименование средства для осуществления индивидуальной защиты работника
1. Острые кромки, заусенцы и шероховатости, присутствующие на поверхностях заготовок, инструмента и оборудования;	Проведение периодического инструктажа, разъясняющего работникам вопросы техники безопасности	Перчатки, спецодежда.
2. Подвижные части механизмов, производственного оборудования и машин	Наносить предостерегающие надписи, выполнять соответствующую окраску, применять ограждения	-

Продолжение таблицы 3.3

1	2	3
3. Высокая температура нагрева поверхности оборудования, заготовок и сварочных материалов	Проведение периодического инструктажа, разъясняющего работникам вопросы техники безопасности	Спецодежда, перчатки
4. Риск замыкания через тело человека электрической цепи, имеющей повышенное значение напряжения	Устройство и периодический контроль заземления электрических машин и изоляции	-
5. Повышенное значение в рабочей зоне уровня ионизирующего излучения	Осуществление экранирования зоны сварки с использованием щитов	Спецодежда, маска сварщика
6. Повышенное значение в рабочей зоне уровня инфракрасной радиации	Осуществление экранирования зоны сварки с использованием щитов	Спецодежда, маска сварщика
7. Повышенное значение уровня ультразвуковых волн в рабочей зоне;	Осуществление экранирования зоны контроля с использованием щитов, удаление источника излучения от оператора и снижение времени пребывания в опасной зоне оператора	-

3.4 Предлагаемые мероприятия по обеспечению пожарной безопасности разрабатываемого технологического объекта

Таблица 3.4 - Технические средства, обеспечивающие пожарную безопасность технологического объекта

Перечень первичных средств для проведения тушения возгорания	Перечень мобильных средств для проведения тушения возгорания	Перечень стационарных систем и установок для проведения тушения возгорания	Пожарная автоматика для проведения тушения возгорания	Перечень пожарного оборудования, для проведения тушения возгорания	Перечень средств индивидуальной защиты и спасения людей, применяющихся при	Перечень пожарного инструмента для проведения тушения	Перечень пожарной сигнализации, связи и систем оповещения
Ящики с песком, кошма, огнетушитель ОП-5	-	-	-	-	План эвакуации,	Лопата, багор, топор	кнопка извещения о пожаре

Таблица 3.5 - Выявление классов и опасных факторов возможного пожара

Участок, подразделение	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
Участок, на котором осуществляется сварка стыков трубопровода	Установка для индукционного нагрева, источник питания сварочной дуги	пожары, которые происходят за счет воспламенения и горения веществ и материалов на электроустановках, запитанных электрическим напряжением (Е)	Пламя и искры; тепловой поток; повышенная температура окружающей среды; повышенная концентрация токсичных продуктов горения и термического разложения; уменьшение концентрации кислорода; снижение видимости в дыму	замыкания на проводящих ток частях технологических установок, агрегатов изделий высокого напряжения; термохимическое действие используемых при пожаре огнетушащих веществ, на предметы и людей

Таблица 3.6 – Перечень организационных и технических мероприятий, направленных на обеспечение пожарной безопасности технического объекта

Наименование технологического процесса	Реализуемое организационное или техническое мероприятие	Требования по обеспечению пожарной безопасности
Подготовка кромок, сборка стыка, сварка стыка и контроль качества сварных соединений	Проведение ознакомительных мероприятий с рабочим персоналом и служащими, целью которых является доведение до них правил пожарной безопасности, использования средств наглядной агитации по пожарной безопасности. Учения по обеспечению пожарной безопасности с производственным персоналом и служащими	Необходимо обеспечить достаточное количество первичных средств пожаротушения, применение защитных экранов с целью ограничения разлёта искр.

3.5 Оценка экологической безопасности разрабатываемого технологического объекта

Таблица 3.7 – Выявление и анализ вредных экологических факторов, сопровождающих внедрение проектной технологии

Реализуемый технологический процесс	Операции, входящие в состав технологического процесса	Негативное воздействие технического объекта на атмосферу	Негативное воздействие технического объекта на гидросферу	Негативное воздействие технического объекта на литосферу
Подготовка кромок, сборка стыка, сварка стыка и контроль качества сварных швов и околошовной зоны	Подготовка стыка, сборка труб под сварку, выполнение сварки, контроль качества сварных швов и околошовной зоны	Выделяемые при сварке газообразные частицы и сажа	Проявитель и закрепитель рентгеновских снимков	Бумажная и полиэтиленовая упаковка от вспомогательных материалов; бытовой мусор, преимущественно стальной металлолом.

Таблица 3.8 – Проведение организационно-технических мероприятий, направленных на снижение отрицательного антропогенного воздействия технического объекта на окружающую среду

Рассматриваемый технический объект в рамках проектной технологии	Сварка трубопровода
Мероприятия, позволяющие снизить негативное антропогенное воздействие на литосферу	Необходимо предусмотреть установку контейнеров, позволяющих селективный сбор бытового мусора и производственных отходов. Необходима установка отдельного контейнера для сбора металлолома. На контейнеры следует нанести соответствующие надписи. Необходимо проведение инструктажа среди производственного персонала по вопросу правильного складывания в контейнеры мусора и отходов.

3.6 Заключение по экологическому разделу

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

4 ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЕКТНОЙ ТЕХНОЛОГИИ

4.1 Исходные данные для проведения экономического расчёта

В выпускной квалификационной работе предложены технологические мероприятия по повышению производительности и качества выполнения сварных тройниковых соединений при врезке в магистральные трубопроводы. При выполнении базовой технологии сварки для выполнения соединения предусматривается ручная дуговая сварка штучными электродами, что приводит к получению значительного числа дефектов и дополнительным затратам времени на их устранение. В проектом варианте технологии предложено произвести замену ручной дуговой сварки на полуавтоматическую сварку проволокой сплошного сечения в среде CO_2 с импульсным управлением сварочной дугой. Применение предложенных технологических решений позволит получить некоторое снижение трудоемкости сварки и повышение стабильности качества выполняемых сварных соединений.

Экономические расчеты следует производить на один сварной стык трубопровода с учётом операций технологии сварки, которые изменяются по сравнению с базовым вариантом технологии. Базовый и проектный технологические процессы включают в себя следующие операции: первая операция – заготовительная; вторая операция – сборочная; третья операция – предварительный нагрев; четвёртая операция – сварочная; пятая операция – термообработка; шестая операция – контроль качества. Поскольку производится изменение только самой технологии сварки, расчёт затрат производим на один сварной стык.

Таблица 4.1 – Исходные данные для проведения экономического расчёта

№	Наименование экономического показателя	Обозначение показателя	Единица измерения	Значение экономического показателя по вариантам технологии	
				Базовый	Проектный
1	2	3	4	5	6
1	Общее количество рабочих смен	Ксм	-	2	2
2	Установленная норма амортизационных отчислений на используемое в технологическом процессе оборудование	На	%	21,5	21,5
3	Принимаемый разряд сварщика	Р.р.		IV	IV
4	Величина часовой тарифной ставки	Сч	Р/час	150	150
5	Значение коэффициента, устанавливающего размер отчислений на дополнительную заработную плату	Кдоп	%	12	12
6	Значение коэффициента, устанавливающего размер доплат к основной заработной плате	Кд		1,88	1,88
7	Значение коэффициента, учитывающего размер отчислений на социальные нужды.	Ксн	%	34	34
8	Принятое значение размера амортизационных отчислений на площади	На.пл.	%	5	5
9	Стоимость эксплуатации производственных площадей	Сэксп	(Р/м ²)/год	2000	2000
10	Цена приобретения производственных площадей	Цпл	Р/м ²	3000	3000
11	Площадь, которая занята технологическим оборудованием	S	м ²	20	20
12	Значение коэффициента, который учитывает наличие транспортно-заготовительных расходов	Кт -з	%	5	5
13	Значение коэффициента, учитывающего затраты на монтаж и демонтаж технологического оборудования	Кмонтаж Кдем	%	3	5

Продолжение таблицы 4.1

1	2	3	4	5	6
14	Рыночная стоимость применяемого технологического оборудования -выпрямитель ВС-600 -полуавтомат ПДГ-312-5 -сварочный выпрямитель ВД-306	Цоб	Руб.	- - 40000	97000 21000 -
	ИТОГО:			40000	118000
15	Значение коэффициента, учитывающего затраты на дополнительную производственную площадь	Кпл.	-	3	3
16	Потребляемая мощность технологического оборудования	Муст	кВт	8	10
17	Стоимость расходуемой на проведение технологии электрической энергии	Цэ-э	Р/ кВт	1,75	1,75
18	Значение коэффициента, учитывающего выполнение нормы	Квн	-	1,1	1,1
19	Значение коэффициента полезного действия технологического оборудования	КПД	-	0,7	0,85
20	Принятое значение нормативного коэффициента эффективности капитальных вложений	Ен	-	0,33	0,33
21	Значение коэффициента, который учитывает цеховые расходы	Кцех	-	1,5	1,5
22	Значение коэффициента, который учитывает заводские расходы	Кзав	-	1,15	1,15
23	Значение коэффициента который учитывает производственной нормы	Кв		1,03	1,03
24	Время машинное	tмаш	час	13,2	4,9

4.2 Вычисление фонда времени работы оборудования

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

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

где $T_{\text{см}}$ – принятая продолжительность смены;
 D_p – общее количество рабочих дней в году;
 $D_{\text{п}}$ – общее количество предпраздничных дней;
 $T_{\text{п}}$ – ожидаемое сокращение рабочего времени предпраздничные дни
 в часах;
 C – общее количество смен.

Подставив в (4.1) заданные значения, получим:

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

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

$$F_9 = F_H \cdot \left(1 - \frac{B}{100}\right), \quad (4.2)$$

где B – плановые потери рабочего времени.

Подставив в (4.2) заданные значения, получим:

$$F_9 = 4418 \cdot \left(1 - 7/100\right) = 4108 \text{ ч.}$$

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

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

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

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

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

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

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

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

$t_{\text{п-з}}$ – время на подготовительно – заключительные операции, 1% $t_{\text{маш}}$.

Подставив в (4.3) заданные значения, получим:

$$t_{\text{шт.баз}} = 13,2 \cdot (100\% + 10\% + 5\% + 5\% + 1\%) = 16 \text{ ч.}$$

$$t_{\text{шт.проектн.}} = 4,9 \cdot (100\% + 10\% + 5\% + 5\% + 1\%) = 6 \text{ ч.}$$

Годовую программу объемов работ определяем расчётным путём:

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

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

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

Подставив в (4.4) необходимые значения, получим:

$$П_{\Gamma.\text{баз.}} = 4108/16 = 256 \text{ стыков за год};$$

$$П_{\Gamma.\text{проектн.}} = 4108/6 = 668 \text{ стыков за год.}$$

Для проведения дальнейших экономических расчётов принимаем $П_{\Gamma} = 200$ стыков за год.

Количество оборудования определяем с использованием формулы:

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

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

$П_{\Gamma}$ – принятое значение годовой программы;

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

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

Подставив в (4.5) необходимые значения, получим:

$$n_{\text{расч.б}} = \frac{16 \cdot 200}{4108 \cdot 1,03} = 0,76$$

$$n_{\text{расч.пп}} = \frac{6 \cdot 200}{4108 \cdot 1,03} = 0,28$$

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

Расчётное определение величины коэффициента загрузки оборудования выполним с использованием зависимости:

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

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

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

Подставив в (4.6) необходимые значения, получим:

$$K_{zб} = 0,76/1 = 0,76$$

$$K_{zп} = 0,28/1 = 0,28$$

4.4 Расчет заводской себестоимости базового и проектного вариантов технологии

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

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

где C_m – стоимость сварочных материалов;

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

При выполнении базовой технологии сварки для строительства трубопровода предусматривается ручная дуговая сварка штучными электродами, что приводит к получению значительного числа дефектов и дополнительным затратам времени на их устранение. В проектном варианте технологии предложено произвести замену ручной дуговой сварки на полуавтоматическую сварку проволокой сплошного сечения в среде CO_2 с импульсным управлением сварочной дугой. Расчёт затрат на материалы

производим исходя из описания технологического процесса сварки. Масса наплавленного металла составит 18 кг, масса электродов при базовой технологии $18 \times 1,6 = 29$ кг, масса электродной проволоки при проектной технологии $18 \times 1,2 = 22$ кг, расход защитного газа при проектной технологии составит $200 \times 7 = 1400$ литров:

$$M_{\text{баз.}} = 400 \cdot 29 \cdot 1,05 = 12180 \text{ руб.}$$

$$M_{\text{проектн.}} = (200 \cdot 22 + 7,5 \cdot 1400) \cdot 1,05 = 14900 \text{ руб.}$$

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

$$З_{\text{осн}} = t_{\text{шт}} \cdot Сч \cdot Кд \quad (4.8)$$

где $Сч$ – принятое значение тарифной ставки;

$Кд$ – принятое значение коэффициента, который учитывает затраты на доплату к основной заработной плате.

Подставив в (4.8) необходимые значения, получим:

$$З_{\text{осн.баз.}} = 16 \cdot 150 \cdot 1,88 = 4512 \text{ руб.}$$

$$З_{\text{осн.проектн.}} = 6 \cdot 150 \cdot 1,88 = 1692 \text{ руб.}$$

Для расчётного определения дополнительной заработной платы используем формулу:

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

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

Подставив в (4.9) необходимые значения, получим:

$$З_{\text{доп.баз.}} = 4512 \cdot 12 / 100 = 541 \text{ руб.};$$

$$З_{\text{доп.проектн.}} = 1692 \cdot 12 / 100 = 203 \text{ руб.}$$

$$\text{ФЗП}_{\text{баз.}} = 4512 + 541 = 5053 \text{ руб.};$$

$$\text{ФЗП}_{\text{проектн.}} = 1692 + 203 = 1895 \text{ руб.}$$

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

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

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

Подставив в (4.10) необходимые значения, получим:

$$O_{сс\text{баз.}} = 790,6 \cdot 34 / 100 = 268,8 \text{ руб.}$$

$$O_{сс\text{проектн.}} = 474,36 \cdot 34 / 100 = 161,28 \text{ руб.}$$

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

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

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

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

Величину амортизации оборудования вычисляем с использованием формулы:

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

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

Na – принятое значение нормы амортизации оборудования.

Подставив в (4.12) необходимые значения, получим:

$$A_{об.б} = \frac{40000 \cdot 21,5 \cdot 8,9}{4108 \cdot 100} = 19 \text{ рублей}$$

$$A_{об.пр} = \frac{118000 \cdot 21,5 \cdot 3,3}{4108 \cdot 100} = 20 \text{ рублей}$$

Расчётное определение расходов на электроэнергию производим с использованием зависимости:

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

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

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

КПД – значение коэффициента полезного действия технологического оборудования.

Подставив в (4.13) необходимые значения, получим:

$$P_{\text{э-эб}} = \frac{8 \cdot 8,9 \cdot 1,75}{0,7} = 178 \text{ рублей}$$

$$P_{\text{э-эпр}} = \frac{10 \cdot 3,3 \cdot 1,75}{0,7} = 83 \text{ рублей}$$

$$Зоб_{\text{баз.}} = 19 + 178 = 197 \text{ руб.}$$

$$Зоб_{\text{проектн.}} = 20 + 83 = 103 \text{ руб.}$$

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

$$З_{\text{пл}} = Р_{\text{пл}} + А_{\text{пл}}, \quad (4.14)$$

где $Р_{\text{пл}}$ – величина затрат на эксплуатацию и содержание производственных площадей;

$А_{\text{пл}}$ – амортизация площадей.

Величину затрат на содержание производственных площадей вычисляем на основании зависимости:

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

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

S – площадь, занятая под оборудование.

Подставив в (4.15) необходимые значения, получим:

$$P_{\text{плб}} = \frac{2000 \cdot 20 \cdot 16}{4108} = 156 \text{ руб.}$$

$$P_{\text{плб}} = \frac{2000 \cdot 20 \cdot 6}{4108} = 58 \text{ руб.}$$

Амортизацию площади вычисляем на основании формулы:

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

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

$Ц_{\text{пл}}$ – цена приобретения площадей

Подставив в (4.16) необходимые значения, получим:

$$A_{ПЛБ} = \frac{3000 \cdot 5 \cdot 20 \cdot 16}{4108 \cdot 100} = 12$$

$$A_{ПЛПР} = \frac{3000 \cdot 5 \cdot 20 \cdot 6}{4108 \cdot 100} = 4$$

$$З_{ПЛБаз.} = 156 + 12 = 168 \text{ руб.}$$

$$З_{ПЛПРоектн.} = 58 + 4 = 62 \text{ руб.}$$

Расчётное определение величины технологической себестоимости производим на основании зависимости:

$$C_{ТЕХ} = М + ФЗП + Осс + З_{ОБ} + З_{ПЛ} \quad (4.17)$$

Подставив в (4.17) необходимые значения, получим:

$$C_{ТЕХБаз.} = 12180 + 5053 + 1314 + 197 + 168 = 18912 \text{ руб.}$$

$$C_{ТЕХПроектн.} = 14900 + 1895 + 493 + 103 + 62 = 17453 \text{ руб.}$$

Расчётное определение величину цеховой себестоимости производим на основании зависимости:

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

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

Подставив в (4.18) необходимые значения, получим:

$$C_{ЦЕХБаз.} = 18912 + 1,5 \cdot 4512 = 18912 + 6768 = 25680 \text{ руб.},$$

$$C_{ЦЕХПроектн.} = 17453 + 1,5 \cdot 1692 = 17453 + 2538 = 19991 \text{ руб.}$$

Расчётное определение величины заводской себестоимости производим на основании зависимости:

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

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

Подставив в (4.19) необходимые значения, получим:

$$C_{ЗАВБаз.} = 25680 + 1,15 \cdot 4512 = 25680 + 5189 = 30869 \text{ руб.},$$

$$C_{ЗАВПроектн.} = 19991 + 1,15 \cdot 1692 = 19991 + 1946 = 21937 \text{ руб.}$$

4.5 Калькуляция заводской себестоимости сварки по базовому и проектному варианту технологии

Таблица 4.2 – Заводская себестоимость сварки

№ п/п	ПОКАЗАТЕЛИ	Услов. обозн.	Калькуляция., руб	
			Базовый	Проектн.
1	Материалы	М	12180	14900
2	Фонд заработной платы	ФЗП	5053	1895
3	Отчисления на соц. нужды	О _{сн}	1314	493
4	Затраты на оборудование	Зоб	197	103
5	Расходы на площади	Зпл	168	62
	Себестоимость технологич.	Стех	18912	17453
6	Расходы цеховые	Рцех	6768	2538
	Себестоимость цеховая	Сцех	25680	19991
7	Расходы заводские	Рзав	5189	1946
	Себестоимость заводская	С _{зав}	30869	21937

4.6 Определение капитальных затрат по базовому и проектному вариантам технологии сварки

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$\Pi_{\text{ОБ.Баз.}} = 40000 - (40000 \cdot 3 \cdot 21,5 / 100) = 14200 \text{ рублей}$$

$$K_{\text{ОБЩБаз.}} = 14200 \cdot 0,75 = 10650 \text{ рублей}$$

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

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

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

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

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

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

Подставив в (4.23) необходимые значения, получим:

$$K_{\text{ОБПроектн.}} = 118000 \cdot 1,05 \cdot 0,28 = 34692 \text{ руб.}$$

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

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

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

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

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

Подставив в (4.25) необходимые значения, получим:

$$K_{\text{ДЕМ}} = 40000 \cdot 0,05 = 2000 \text{ руб.}$$

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

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

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

$$K_{\text{МОНТ}} = 118000 \cdot 0,05 = 5900 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{СОП}} = 2000 + 5900 = 7900 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{ОБЩПроектн.}} = 34692 + 7900 = 42592 \text{ руб.}$$

Расчётное определение величины дополнительных капитальных вложений выполняем с использованием зависимости:

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

Подставив в (4.27) необходимые значения, получим:

$$K_{\text{ДОП}} = 42592 - 10650 = 31942 \text{ руб.}$$

Расчётное определение величины удельных капитальных вложений выполняем с использованием зависимости:

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

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

Подставив в (4.28) необходимые значения, получим:

$$K_{\text{УДБаз.}} = 10650/200 = 53 \text{ руб./ед.}$$

$$K_{\text{УДПроектн.}} = 42592/200 = 213 \text{ руб./ед.}$$

4.7 Расчёт показателей экономической эффективности проектного варианта технологии

Величину показателя снижения трудоемкости определим с использованием формулы:

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

Подставив в (4.29) необходимые значения, получим:

$$\Delta t_{\text{шт}} = \frac{16 - 6}{16} \cdot 100\% = 63\%$$

Величину показателя повышения производительности труда определим по формуле:

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

Подставив в (4.30) необходимые значения, получим:

$$П_T = \frac{100 \cdot 63}{100 - 63} = 170\%$$

Величину показателя снижения технологической себестоимости определим по формуле:

$$\Delta C_{\text{тех}} = \frac{C_{\text{техб}} - C_{\text{техпр}}}{C_{\text{техб}}} \cdot 100\% \quad (4.31)$$

Подставив в (4.31) необходимые значения, получим:

$$\Delta C_{\text{тех}} = \frac{18912 - 17453}{18912} \cdot 100\% = 8\%$$

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

$$Пр_{\text{ож.}} = Э_{\text{у.г.}} = \left(C_{\text{зав}}^{\text{б}} - C_{\text{зав}}^{\text{пр}} \right) \cdot П_T \quad (4.32)$$

Подставив в (4.32) необходимые значения, получим:

$$Э_{\text{у.г.}} = (30869 - 21937) \cdot 200 = 1786400 \text{ руб.}$$

Величину срока окупаемости дополнительных капитальных вложений определим по формуле:

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

Подставив в (4.33) необходимые значения, получим:

$$T_{OK} = \frac{31942}{1786400} = 0,02$$

Размер годового экономического эффекта в сфере производства определим по формуле:

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

Подставив в (4.34) необходимые значения, получим:

$$\Delta_{г} = 1786400 - 0,33 \cdot 31942 = 1775859 \text{ руб.}$$

4.8 Выводы по экономическому разделу

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

Установлено, что проектный вариант сварки после своего внедрения в производство даст такие эффекты, как уменьшение трудоемкости на 63 %, увеличение производительности труда на 170 %, что уменьшило технологическую себестоимость на 8 %. Расчётная величина условно-годовой экономии составила 1,78 млн. рублей.

Величина годового экономического эффекта, полученная с учетом затрат на капитальные вложения в оборудование, составила 1,77 млн рублей. Капитальные вложения в оборудование размером будут окуплены за 0,02 года.

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

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе поставлена цель – повышение производительности и качества работ при проведении врезки в магистральные газопроводы.

Анализ базовой технологии с применением ручной дуговой сварки позволил выявить её недостатки. При анализе возможных способов сварки было решено выбрать механизированную сварку в углекислом газе проволокой сплошного сечения.

Для достижения поставленной цели в работе решены следующие задачи:

- 1) Предложить меры по повышению технологических свойств механизированной сварки в углекислом газе;
- 2) Разработать технологический процесс врезки в технологический трубопровод с применением модернизированного способа механизированной сварки в углекислом газе;
- 3) Предложить оборудование для осуществления разработанного технологического процесса, планировку участка для выполнения работ.

В проектном варианте технологии предложено произвести замену ручной дуговой сварки на полуавтоматическую сварку проволокой сплошного сечения в среде CO_2 с импульсной подачей сварочной проволоки. Применение предложенных технологических решений позволит получить некоторое снижение трудоемкости сварки и повышение стабильности качества выполняемых сварных соединений.

Разработана проектная технология сборки и сварки стыка трубопровода. В работе предусмотрены мероприятия по обеспечению безопасности труда персонала.

Внедрение проектной технологии сварки в производство приводит к повышению производительности труда на 170 %, снижению технологической себестоимости на 8 %. Годовой экономический эффект составляет 1,77 млн. руб.

На основании этого можно признать достижение поставленной цели.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1] Седов Л. И. – Механика сплошной среды. Том II. – Издательство «Наука», М., 573 с.
- 2] Зандберг, А.С. Основы проектирования сварных герметизирующих конструкций магистральных трубопроводов. Стальные муфты и тройники // Сварочное производство. – 2010. – № 11. – С. 3-9.
- 3] ГОСТ 20295-85: Трубы стальные сварные для магистральных газонефтепроводов
- 4] Мустафин, Ф.М. Сварка трубопроводов: Учеб. пособие / Ф. М. Мустафин, Н.Г. Блехерова, О.П. Квятковский и др . // М.: ООО "Недра-Бизнесцентр", 2002. – 350 с.
- 5] Суворов, А.Ф. Сварочно-монтажные работы в трубопроводном строительстве: учеб. пособие для вузов / А.Ф. Суворов [и др.] // М.: ЗАО «Звезда», 2006. – 240 с.
- 6] Марочник сталей и сплавов / Под ред. В.Г. Сорокина М.: Машиностроение, 1989. – 640с.
- 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] Любавский, К.В., Сварка плавящимся электродом в атмосфере защитных газов / К.В. Любавский, Н.М. Новожилов // Автогенное дело. – 1953. – № 1. – С. 4–8.

- 12] Новожилов, Н.М., Разработка электродных проволок для сварки малоуглеродистых и низколегированных сталей в углекислом газе / Н.М. Новожилов, А.М. Соколова // Сварочное производство. – 1958. – № 7. – С. 10–14.
- 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. Schutzgase 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] Salter G. R., Dye S. A. Selecting gas mixtures for MIG welding // Metal Constr. and Brit. Weld. J. – 1971. – 3, № 6. – P. 230–233.
- 17] Cresswell R. A. Gases and gas mixtures in MIG and TIG welding // Welding and Metal Fabrication. – 1972. – 40, № 4. – P. 114–119.
- 18] 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.
- 19] 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.
- 20] Головатюк, А.П. Интенсивность образования аэрозолей при ручной сварке модулированным током / А.П. Головатюк, В.С. Сидорук, О.Г. Левченко и др. // Автоматическая сварка. – 1985. – № 2. – С. 39–40.
- 21] Левченко, О.Г. Образование аэрозолей при сварке в CO_2 модулированным током // Автоматическая сварка. – 2000. – № 8. – С. 48–50.
- 22] Harvey R. Castner. Gas metal arc welding using pulsed fume generation current. WELDING RESEARCH SUPPLEMENT. – February, 1995. – P. 59–68.

- 23] Winifred G. Palmer, James C. Eaton. Effects of welding on health, XIII // American Welding Society. – 2007. – International Standard Book Number: 978-0-87171-067-3.
- 24] James M. Antonini. Health effects of welding // Critical reviews in toxicology. – 2003. – 33(1). – P. 61–103.
- 25) Горина, Л. Н. Обеспечение безопасных условий труда на производстве: учебное пособие / Л. Н. Горина. – Тольятти: ТолПИ, 2000. – 68 с.
- 26] Белов, С. В. Охрана окружающей среды / С. В. Белов. – М.: Машиностроение, 1990. – 372с.
- 27] Брауде, М. З. Охрана труда при сварке в машиностроении / М. З. Брауде, Е. И. Воронцова, С. Я. Ландо. – М.: Машиностроение, 1978. – 144 с.
- 28] Манойлов, В. Е. Основы электробезопасности / В. Е. Манойлов. – Л.: Энергоатомиздат, Ленинградское отделение, 1991. – 480 с.
- 29] Краснопевцева, И. В. Экономическая часть дипломного проекта: метод. указания / И. В. Краснопевцева – Тольятти: ТГУ, 2008. – 38 с.
- 30] Кудинова, Г. Э. Организация производства и менеджмент: метод. указания к выполнению курсовой работы. / Г. Э. Кудинова. – Тольятти: ТГУ, 2005. – 35 с.
- 31] Егоров, А. Г. Правила оформления выпускных квалификационных работ по программам подготовки бакалавра и специалиста: учебно-методическое пособие / А. Г. Егоров, В. Г. Виткалов, Г. Н. Уполовникова, И. А. Живоглядова – Тольятти, 2012. – 135 с.