

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

Институт машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра «Сварка, обработка материалов давлением и родственные
процессы»

(наименование)

15.03.01 «Машиностроение»

(код и наименование направления подготовки, специальности)

«Оборудование и технология сварочного производства»

(направленность (профиль)/специализация)

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)**

на тему Технологический процесс сборки и сварки
аттестованных трубопроводов диаметром 530 мм

Студент

В.О. Булатов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент К.В. Моторин

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

Консультанты

к.т.н., доцент Н.В. Зубкова

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

к.т.н., доцент А.Н. Москалюк

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

Тольятти 2020

Аннотация

Магистральный трубопровод является ответственной металлической конструкцией, эксплуатация которой сопровождается возникновением техногенных рисков. Длительная безаварийная эксплуатация магистрального трубопровода в первую очередь зависит от правильности его строительства.

Выпускная квалификационная работа посвящена вопросу повышения эффективности технологии сварки стыковых соединений на магистральных трубопроводах. В соответствии с базовой технологией сварка стыка трубопровода выполняется с применением ручной дуговой сварки штучными электродами.

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

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

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

Результаты выпускной квалификационной работы могут быть внедрены в производство при выполнении соединений на магистральных трубопроводах.

Abstract

The title of the graduation work is « Technological process of Assembly and welding of certified pipelines with a diameter of 530 mm».

The graduation work consists of an explanatory note on 69 pages, introduction, including 13 figures, 16 tables, the list of 21 references including 3 foreign sources and the graphic part on 6 A1 sheets.

The aim of the work is improving the productivity and quality of welding operations in the construction of gas pipelines with a diameter of 530 mm.

The main pipeline is a responsible metal structure, the operation of which is accompanied by the occurrence of man-made risks. Long-term trouble-free operation of the main pipeline primarily depends on the correctness of its construction.

Based on the analysis of possible welding methods, it was decided to replace manual arc welding with piece electrodes with mechanized welding in protective gas. Due to the replacement of the welding method and the use of pulse control of the welding arc, it is expected to reduce the complexity of welding and improve the quality of welding seams.

The analysis of the design technology of repair welding for the presence of dangerous and harmful production factors is performed.

The calculated annual economic effect, taking into account capital investments, is 0,95 million rubles.

The results of the final qualification work can be implemented in production when performing connections on main pipelines.

Содержание

Введение	6
1 Современное состояние сварки магистральных газопроводов	8
1.1 Описание газопровода	8
1.2 Сведения о материале газопровода	10
1.3 Базовая технология сборки и сварки.	12
1.4 Предварительный обзор источников научно-технической информации по вопросу сварки магистральных трубопроводов	20
1.5 Формулировка задач выпускной квалификационной работы	22
2 Проектная технология сварки стыков магистрального трубопровода.	23
2.1 Обоснование выбора способа сварки	23
2.2 Подготовка кромок труб и сборка стыка	29
2.3 Предварительный подогрев	31
2.4 Сварка стыка	33
3 Безопасность и экологичность предлагаемых технических решений	36
3.1 Технологическая характеристика объекта	36
3.2 Профессиональные риски при реализации предложенных технических решений	37
3.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков	39
3.4 Обеспечение пожарной безопасности	40
3.5 Оценка безопасности для природной среды предлагаемых технических решений.	42
3.6 Заключение по разделу	43
4 Экономическая эффективность предлагаемых технологических решений	44
4.1 Вводная информация для выполнения экономических расчётов	44
4.2 Расчёт фонда времени работы оборудования	46

4.3 Расчет штучного времени	47
4.4 Расчет заводской себестоимости вариантов технологии сварки . . .	51
4.5 Размер капитальных затрат реализации операций по базовому и проектному вариантам	58
4.6 Расчётное определение показателей экономической эффективности предлагаемых решений	62
Заключение по экономическому разделу	64
Заключение	66
Список используемой литературы	67

Введение

Трубопроводный транспорт — одна из немногих областей народного хозяйства, которая продолжает стабильно работать несмотря на кризисные явления в экономике страны. Стабильность работы трубопроводного транспорта в значительной мере обусловлена тем, что его мощность направлена преимущественно на обеспечение экспорта российских энергоресурсов.

Магистральный трубопровод является ответственной металлической конструкцией, эксплуатация которой сопровождается возникновением техногенных рисков. Длительная безаварийная эксплуатация магистрального трубопровода в первую очередь зависит от правильности его строительства.

Стабильная поставка энергоресурсов потребителям в Российской Федерации, странах Европы и зависит от состояния (безопасность и надежность) системы магистральных трубопроводов. По имеющимся в настоящее время статистическим данным наблюдается стабильный рост добычи и поставок объемов газа и нефти. Так, к 2020 году планируемый объём добычи газа должен составить 670 млрд м³ [1].

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

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

В технологии строительства магистральных газопроводов главной операцией является операция сварки. Для наращивания российского присутствия на мировом энергетическом рынке необходимо обеспечить стабильность качества сварочных работ и повысить их производительность. В этом случае вместе с повышением конкурентоспособности российского газа будет решена задача обеспечения его доступности для внутреннего потребителя, что приведёт к достижению российской экономикой новых высот и дальнейшему росту благосостояния российского народа.

Если на внешний рынок газ подаётся по трубам диаметром 1420 мм, то для внутреннего потребителя самым ходовым диаметром труб является 530 мм.

Цель выпускной квалификационной работы – повышение производительности и качества операций сварки при строительстве магистральных газопроводов диаметром 530 мм.

1 Современное состояние сварки магистральных газопроводов

1.1 Описание газопровода

До того, как был построен магистральный газопровод «Сызрань - Ульяновск», предприятие ООО «Газпром трансгаз Самара» осуществляло поставку природного газа в ульяновскую область с использованием двух газопроводов. Первый газопровод «Старая Бинарадка – Димитровград – Ульяновск» эксплуатируется с 1969 года. Второй газопровод «Новоспаск-Ульяновск» эксплуатируется с 1985 года. В результате развития инфраструктуры произошло резкое увеличение потребления природного газа, с 2001 года его рост составляет приблизительно 20 % в год. Строительство второй ветки газопровода-отвода «Сызрань – Ульяновск» позволит поставлять потребителю дополнительно 5,4 млрд. кубометров газа в год. Протяжённость проектируемого трубопровода 152 км, а диаметр труб – 530 мм. Расчётные затраты на строительство составят 11,7 млрд. рублей, они включены в инвестиционную программу ОАО «Газпром» на 2020-2025 г.г.



Рисунок 1.1 – Строительство магистрального газопровода

Газопровод проходит по территории Сызранского района Самарской области вдоль автодороги Сызрань-Ульяновск, через Тереньгульский и Ульяновский районы Ульяновской области. Строительство трубопровода будет происходить в три этапа, при этом будет построено три пусковых комплекса. Строительство трубопровода начнётся в 2020 году и завершится к концу 2023 года.

Основной операцией при строительстве магистрального газопровода является сварочно-монтажные работы, правильность выполнения которых определяет надёжность и долговечность трубопровода. В процессе строительства магистрального газопровода выполнение сварочно-монтажных работ выполняют в два этапа. Первый этап предусматривает сварку отдельных труб, имеющих заводскую длину 12 м, в секции длиной 24-, 36- или 48 метров. Второй этап предусматривает соединение этих секций в непрерывную нитку непосредственно на трассе. Такая схема выполнения сварочно-монтажных работ используется в большинстве стран.

Для сборки труб под сварку используют внутренние или наружные звеньевые центраторы. При сборке труб устанавливаемый зазор в стыке определяется толщиной стенки труб и типом применяемых сварочных электродов. Требуемую величину зазора контролируют при помощи щупов и далее выполняют фиксацию труб по всему периметру при помощи прихваток.

Трубы доставляются на участок сварки при помощи труботранспортными машин, при этом используется оборудование, не повреждающее защитное покрытие в местах контакта труб с конниками трубовоза. Выгрузку труб производят при помощи траверсы. Трубные секции разгружают и укладывают на заранее подготовленные деревянные лежки, снабжённые мягкими прокладками и деревянными клиньями.

Кривые трубные вставки изготавливают с использованием трубогибочных станков с обязательным использованием дорнов. Опорные поверхности башмаков ложементов упора станков снабжаются прокладками из резины.

После того, как выполнена сварка, укладка и засыпка магистрального газопровода, необходимо выполнить его очистку и испытание на прочность и герметичность. Для внутренней очистки газопровода применяется очистной поршень. Очистной поршень перемещается внутри трубы на очищаемом участке газопровода, при этом в движение поршень приводится высоким

давлением транспортируемого газа, подаваемого из расположенного рядом действующего газопровода. После вылета поршня из выходного патрубка, должна выходить струя незагрязнённого газа, в этом случае продувка участка магистрального газопровода может считаться законченной. В противном случае очистной поршень пропускают через газопровод ещё раз, пока не будет получен положительный результат.

1.2 Сведения о материале газопровода

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

Таблица 1.1 – Содержание химических элементов в стали 09Г2С

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

Исследования свойств сварных соединений из углеродистых и низколегированных сталей, который были выполнены с применением сварки плавлением [7], позволили установить, что структура и свойства зон сварного соединения имеют существенную неоднородность. В зоне термического влияния обнаружены нежелательные крупнозернистые структуры, высокие остаточные макро- и микронапряжения. Вследствие обнаруженных нежелательных структурных изменений сварные соединения этих сталей обладают пониженными механическими и эксплуатационными свойствами. В результате возникновения остаточных напряжений происходит ускорение

коррозионных процессов в металле шва по сравнению с основным металлом. Остаточные напряжения могут стать причинами возникновения трещин, повышают склонность конструкции к хрупким разрушениям, увеличивают скорость протекания коррозионных процессов в металле сварного шва и околошовной зоне по сравнению с основным металлом.

При сварке металлических конструкций необходимо добиваться равнопрочности металла сварного шва и основного металла. Для этого сварные швы легируют различными элементами. Часть элементов переходит из сварочного электрода, а частично – из основного металла.

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

Влияние нагрева при сварке на прочностные характеристики трубных сталей, свариваемость этих сталей различными способами представлены в работе [8].

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

1.3 Базовая технология сборки и сварки

Перед сборкой следует выполнить осмотр поверхности и кромок труб.

Обнаруженные на наружной поверхности труб царапины, риски и задиры устраняют при помощи шлифования, если их глубина составляет 0,2...0,5 мм, а исправление не превысит минусовой допуск на толщину стенки по ТУ или ГОСТ.

Обнаруженные забоины и задиры фасок, имеющие глубину до 5 мм следует заплавлять дуговой сваркой с использованием электродов, имеющих основной вид покрытия (ОК 53.70 Ø3,2 мм) при этом следует применять предварительный подогревом до 100...130 °С.

Отремонтированные поверхности кромок труб следует зачистить шлифованием, восстанавливая разделку кромок (рис. 1.2).



Рисунок 1.2 – Разделка кромок

При обнаружении вмятин на торцах труб, имеющих глубину до 3,5% от диаметра трубы, их следует выправлять с применением безударного разжимного устройства, выполняя местный предварительный подогрев 100...150 °С изнутри трубы.

Если на концах труб имеются забоины и задиры, имеющие глубину более 5 мм, обнаружены расслоения, трещины и надрывы, а также имеются вмятины, глубина которых превышает 3,5% наружного диаметра, такие концы должны быть отрезаны, так как исправлению они не подлежат.

Если обнаружены недопустимые дефекты, следует выполнить машинную кислородную резку трубы, обеспечивая получение скоса кромки 25...30°.

Ультразвуковой контроль выполняют по всему периметру трубы, при этом ширина контролируемого участка составляет 40 мм от резаного торца. Если в ходе ультразвукового контроля были обнаружены расслоения, следует отрезать торец трубы на расстояние не менее 300 мм и выполнить повторный ультразвуковой контроль.

Прилегающие к кромкам наружная и внутренняя поверхности труб на ширину 15 мм должны быть зачищены до металлического блеска при помощи шлифмашинки.

Для выполнения подготовки торцев труб используются ультразвуковой толщиномер, ультразвуковой дефектоскоп УД-303, шаблон сварщика УШС-3, линейка, штангенциркуль, шлифмашинка, шлифкруги, дисковая проволочная щётка, источник сварочного тока ВД-306Д, разжимное приспособление, газовая горелка, пирометр типа ИК-6020, термокарандаш, щиток защитный лицевой, машина для кислородной резки «Комета».

Сборку стыка труб выполняют при помощи наружного центратора. При этом смещение кромок должно быть не более 3 мм и не более 20% от толщины стенки трубы.

Зазор между трубами должен быть $3 \pm 0,5$ мм. Если зазор имеет меньшую величину, необходимо выполнить калиброванный пропилен толщиной от 2,5 до 3,5 мм.

Заводские продольные швы труб следует смещать на величину не менее 100 мм друг от друга.

При сборке труб используются: наружный центратор типа Ж08А7985, шаблон сварщика УШС-3, металлическая линейка.

Перед выполнением прихваток следует подогреть зону сварки с использованием газовым пламенем. Температура подогрева 100...130 °С, если температура окружающего воздуха ниже 0 °С. Если температура

окружающего воздуха ниже +5 °С, предварительный подогрев стыка труб следует вести до температуры 50...80 °С. Зона предварительного подогрева должна иметь ширину менее 75 от оси стыка труб.

Температуру предварительного подогрева следует контролировать не менее, чем в 4-х точках, равномерно разнесённых по периметру стыка и расположенных от торца труб на расстоянии 10...15 мм.

Для предварительного подогрева применяется: кольцевой подогреватель стыков, газовая горелка, пирометр типа ИК-6020, термокарандаш.

Для прихваток используют электроды марки LB-52U диаметрами Ø2,6 мм и Ø3,2 мм. Значения параметров режима при выполнении прихваток такие же, как и при сварке корневого слоя шва. Прихватки должны быть расположены не ближе 100 мм от продольного шва трубы. Сварку прихваток выполняют те же сварщики, которые потом будут выполнять основной шов. К прихваткам предъявляются те же требования по качеству, что и к корневому слою шва.

При выполнении прихваток запрещено применять присадки, закладываемые в разделку или подаваемые в зону сварки.

После выполнения прихваток их следует зачистить при помощи шлифмашинки.

Для выполнения прихваток применяются: наружный центратор типа Ж08А7985, источник сварочного тока ВД-306Д, газовая горелка, шлифмашинка, металлическая щетка, шаблон сварщика УШС-3, линейка.

Сварку стыка труб следует вести в присутствии аттестованного специалиста сварочного производства (II или III уровня).

К выполнению сварки допускаются сварщики, которые закончили обучение в соответствии с «Правилами аттестации сварщиков и специалистов сварочного производства» ПБ 03-273-99 и которым было выдано удостоверение установленного образца с допуском к сварке магистральных трубопроводов согласно СТО Газпром 2-2.2-136-2007.

Перед допуском к сварочным работам на магистральном газопроводе сварщики должны пройти допускные испытания в соответствии с СТО Газпром 2-2.2-136-2007.

Непосредственно перед сваркой и в процессе сварки следует контролировать температуру стыка. Если возникла необходимость, стык следует дополнительно подогреть.

Корневой слой шва выполняется электродами марки ОК-53.70 Ø2,5 или электродами марки LB-52U Ø3,2 мм. Значения параметров режима сварки приведены в таблице 1.2. При сварке корневого слоя шва прихватки следует полностью переплавлять. Снятие наружного центриатора допускается, если было выполнено не менее 60% периметра корневого слоя шва.

Таблица 1.2 – Значения параметров режима сварки стыка трубопровода

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

После сварки корневого слоя шва его следует зачистить абразивным кругом.

Далее изнутри трубы выполняют визуальный контроль корневого слоя шва. При обнаружении непроваров, несплавлений и смещения кромок более 2 мм следует выполнить подварку изнутри электродами марки LB-52U, Ø2,6 мм, Ø3,2 мм. Выполнение подварочного слоя происходит перед сваркой заполняющего слоя, подварочный слой должен быть шириной 8...10 мм и иметь усиление 1...3 мм.

Заполняющие и облицовочный слои шва выполняют с использованием электродов типа Э60, при этом значения параметра режима сварки соответствуют таблице 1.2. Сварка выполняется непрерывно, пока разделка стыка не будет полностью заполнена. Смещение замков на каждом последующем слое по отношению к предыдущему должно быть на 30 мм - от начала и на 70 мм – от места окончания сварки слоя. Последний заполняющий и облицовочный слои выполнить в 2 прохода. Перекрытие валиков сварного шва должно быть не менее чем на 1/3 от ширины валика.

Перекрытие облицовочным слоем основного металла должно быть в пределах 2,5...3,0 мм в каждую сторону от разделки кромок. При этом усиление облицовочного шва должно быть 1...3 мм.

После завершения каждого прохода следует выполнять послойную зачистку, удаляя шлак и брызги.

Если температура окружающего воздуха ниже +5 °С, следует после окончания сварки накрыть сваренный стык влагонепроницаемым теплоизолирующим поясом и выдерживать его так до полного остывания.

Прилегающую поверхность труб следует зачистить от шлака и брызг. Следует осмотреть облицовочный шов на предмет наличия грубых участков поверхности, на которых глубина межваликовой канавки составляет более 1 мм. Такие участки следует зачистить. Также зачищать следует участки, на которых усиление шва превышает 3 мм.

Для сварки применяют: источник сварочного тока ВД-306Д, шлифмашинка, металлическая щетка, пирометр типа ИК-6020, шаблон сварщика УШС-3, напильник, молоток, зубило, кисть, краска, термокарандаш.



Рисунок 1.3 – Параметры сварного шва

Контроль качества сварных швов выполняют визуально-измерительный и радиографический. Объём визуально-измерительного контроля – 100%. Облицовочный слой должен быть с плавными переходами к основному металлу, не допускается наличие наплывов и подрезов глубже 0,5 мм. Также не допускаются выходящие на поверхность наружные поры, свищи и незаваренные кратеры.

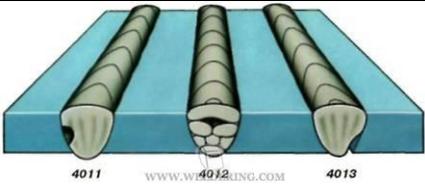
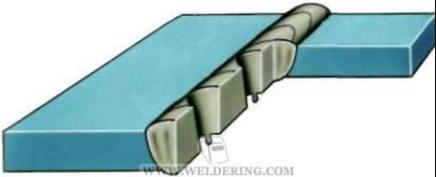
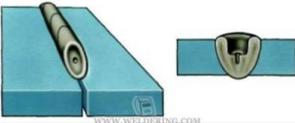
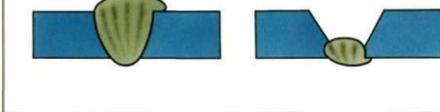
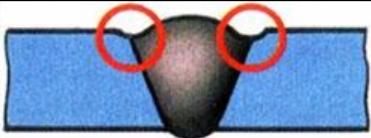
Объём радиографического контроля – 100%, контроль проводится в соответствии с требованиями СТО Газпром 2-2.4-083-2006. Не допускаются трещины любой длины и глубины и непровары.

Для контроля качества применяют: аппарат рентгеновского контроля РПД-200, шаблон сварщика УШС-3.

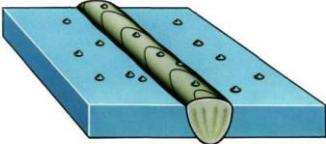
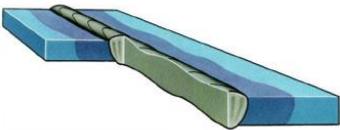
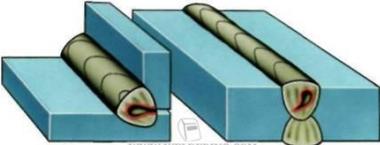
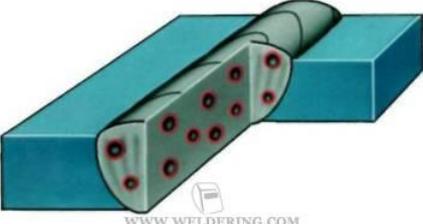
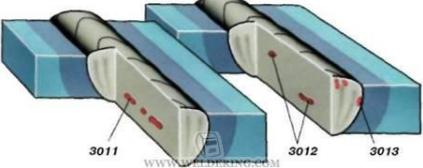
Недостатками базовой технологии с применением ручной дуговой сварки являются:

- 1) Значительное количество дефектов, появление которых обусловлено применяемым способом сварки (табл. 1.3).
- 2) Тяжёлые условия труда сварщиков.
- 3) Малая производительность сварочных работ.

Таблица 1.3 – Сведения о дефектах сварки по базовой технологии [9, 10]

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

Продолжение таблицы 1.3

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

1.4 Предварительный обзор источников научно-технической информации по вопросу сварки магистральных трубопроводов

В рамках выполнения выпускной квалификационной работы был выполнен поиск и анализ источников научно-технической информации по вопросу повышения эффективности сварочных работ при строительстве магистральных трубопроводов. Поиск информации велся в сети ИНТЕРНЕТ с использованием поисковой системы GOOGLE по ключевым словам «сварка магистральных трубопроводов», «повышение эффективности», «аттестация технологии», «Автоматическая сварка», «Сварочное производство», «Сварка и диагностика», «диссертация».

Для последующего анализа было отобрано пять источников научно-технической информации [2...6].

В первой работе [2] предложена компьютерная модель, которая позволяет описать процессы формирования неметаллических включений в металле сварочных швов на различных этапах их образования. Эта модель даст возможность использовать методы компьютерного моделирования при решении проблемы повышения работоспособности сварных соединений, разработки сварочных материалов нового поколения с прогнозируемыми свойствами. Исследования, выполненные с использованием этой программы, подтвердили не только хорошую сходимость расчетных данных с результатами экспериментов, но и показали принципиальную возможность прогнозирования содержания и состава неметаллических включений в жидком металле сварочной ванны, что затруднительно получить опытным путем.

Результаты этой работы могут быть использованы при составлении проектной технологии сварки магистрального трубопровода.

Во второй работе [3] представлены результаты исследования стабильности горения дуги при сварке порошковыми проволоками с металлическим сердечником, которые позволили определить состав

минеральной составляющей сердечника, обеспечивающий высокие показатели стабильности процесса сварки и снижение потерь электродного металла при сварке в защитных газах.

Результаты этой работы показывают высокую эффективность механизировано сварки порошковой самозащитной проволоки при строительстве магистральных трубопроводов. Эта работа будет использована при обосновании выбора способа сварки и составлении проектной технологии сварки, если будет принято решение использовать сварку порошковой самозащитной проволокой.

В третьей работе [4] разработана модель для расчета глубины проплавления при сварке в углекислом газе на токе обратной полярности. Полученная эмпирическая формула обеспечивает наибольшую простоту и точность инженерных и научных расчетов глубины проплавления при механизированной сварке и позволяет проводить ее экспресс-оценку.

Результаты этой работы доказывают высокую эффективность механизированной сварки с углекислом газе проволокой сплошного сечения. Эта работа будет использована при обосновании выбора способа сварки и составлении проектной технологии сварки, если будет принято решение использовать механизированную сварку в углекислом газе проволокой сплошного сечения.

Четвёртая работа [5] посвящена повышению достоверности математического моделирования тепловых процессов при дуговой сварке плавящимся электродом.

Итоги этой работы будут использованы при обосновании выбора способа сварки.

Пятая работа [6] описывает аппаратную часть для автоматизации сварки стыков магистральных трубопроводов.

Результаты этой работы могут быть использованы при составлении проектной технологии сварки, если будет принято решение использовать автоматизированную сварку стыков.

1.5 Формулировка задач выпускной квалификационной работы

По итогам анализа состояния вопроса была проанализирована базовая технология сварки магистрального газопровода с применением ручной дуговой сварки покрытыми электродами. Выявлены недостатки базовой технологии:

- 1) Большое число дефектов из-за применения ручной дуговой сварки.
- 2) Тяжёлые условия труда сварщиков.
- 3) Низкая производительность сварки.

Устранение недостатков может быть произведено путём решения следующих задач:

- 1) Обоснованный выбор способа сварки.
- 2) Составление технологии сварки.

Выполнение оценочной части, которая будет проводиться после решения задач, предусматривает:

- 1) анализ проектной технологии, выявляя опасные и вредные производственные факторы, сделать вывод о возможности внедрения предлагаемых технических решений в производство;
- 2) оценку экономической эффективности предлагаемых технических решений.

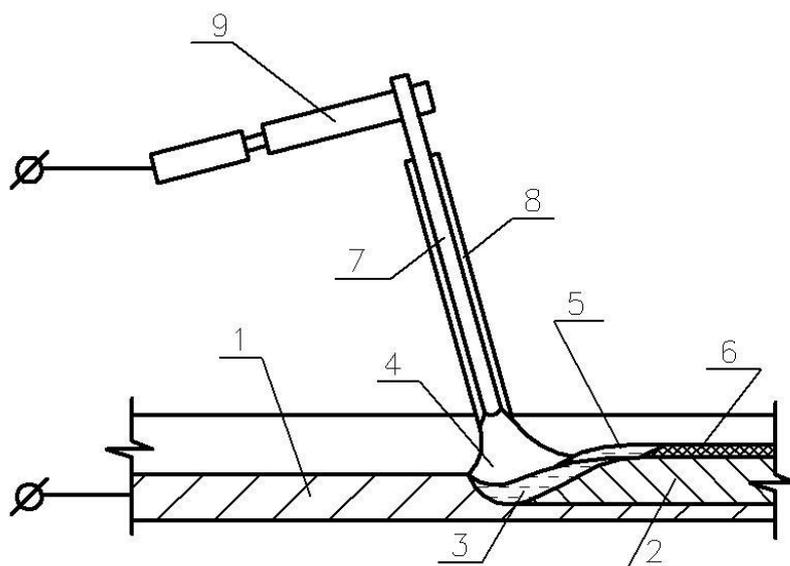
2 Проектная технология сварки стыков магистрального трубопровода

2.1 Обоснование выбора способа сварки

При осуществлении процесса **ручной дуговой сварки** (рис. 2.1) металл свариваемого изделия и сварочный электрод выступают анодом и катодом. Сварочным электродом является металлический стержень, который покрыт слоем особого состава (обмазка электрода). Назначение такого покрытия – стабилизировать сварочную дугу, защищать и легировать расплавленный металл сварочной ванны. Существует четыре вида покрытия: основное, целлюлозное, рутиловое и кислое. Сварку рассматриваемых трубопроводов разрешено производить только электродами первых двух видов (основное и целлюлозное). В зависимости от вида покрытия электродов по-разному происходит взаимодействие с металлом в процессе сварки. Химический состав металла изделия и выбранная технология сварки определяют химический состав металла применяемых электродов и их покрытия.

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

Металл сварного шва является закристаллизовавшимся металлом сварочной ванны. Он состоит из смеси основного металла и электродов. Физико-химические характеристики металла шва зависят от правильности выбора технологии сварки, от качества проведения сварочных операций, правильного выбора режимов и проведения операции термической обработки сварного шва.



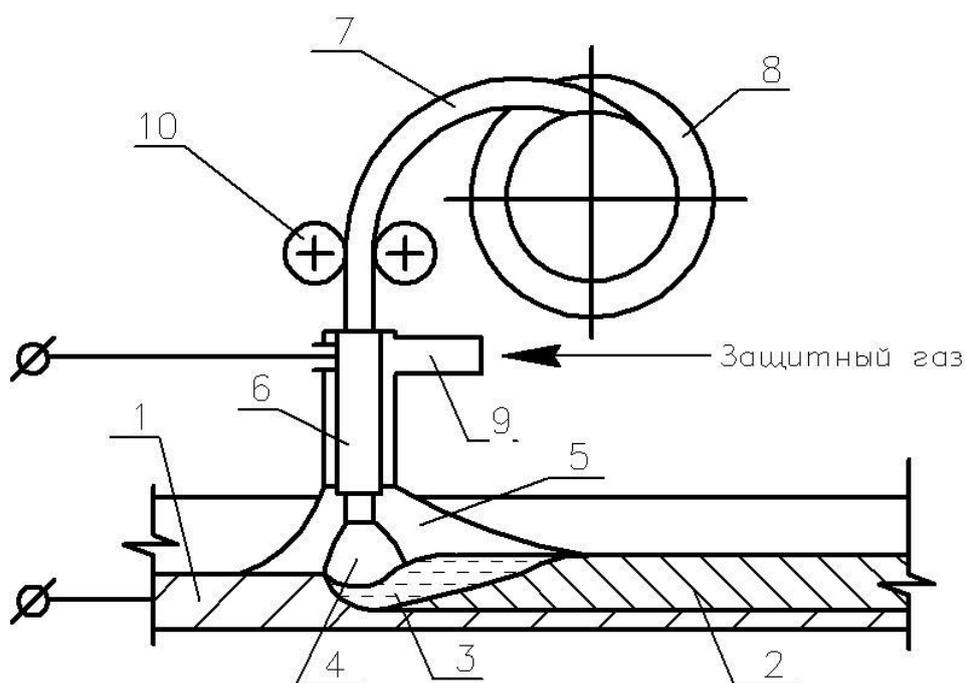
1—металл, наплавленный за предыдущий проход; 2—металл, наплавленный за текущий проход; 3—жидкий металл сварочной ванны; 4—электрическая дуга; 5—слой жидкого шлака; 6—шлаковая корка; 7—стержень электрода; 8—покрытие электрода; 9—электрододержатель

Рисунок 2.1 – Схема процесса ручной дуговой сварки штучными электродами

Преимуществами этого способа являются простота применяющегося оборудования, составления технологии и метрологического обеспечения. При условии обеспечения равномерного плавления металла электрода и обмазки можно гарантировать качественную шлаковую защиту наплавленного слоя. За счёт обмазки электрода существует возможность дополнительного легирования наплавленного металла. Несмотря на своё широкое и давнее применение, ручная дуговая наплавка имеет ряд недостатков, которые в настоящий момент заставляют искать более перспективные способы восстановления деталей. Первым таким недостатком является малая производительность наплавочных работ. Вторым недостатком

является тяжёлые условия ручного труда сварщика. Третьим недостатком является малая стабильность качества наплавки, которая существенно зависит от технологических факторов и от квалификации самого сварщика. Также следует отметить, что частая смена электродов вызывает периодическое прерывание процесса наплавки и потери электродного металла на огарки [11, 12].

Механизированная сварка проволокой сплошного сечения в среде защитных газов (рис. 2.2) достаточно широко распространена и в настоящее время продолжает совершенствоваться. При этом достаточно широк диапазон применяемых сварочных материалов от малоуглеродистых сталей до среднелегированных сталей и даже нержавеющей сталей. Углекислый газ, являющийся защитной средой, считается легкодоступным и относительно недорогим.



1—металл, наплавленный за предыдущий проход; 2—металл, наплавленный за текущий проход; 3—жидкий металл сварочной ванны; 4—электрическая дуга; 5—струя защитного газа; 6—подвод тока; 7—сварочная проволока; 8—кассета с электродной проволокой; 9—горелка; 10—ролики подачи электрода

Рисунок 2.2 – Схема механизированной сварки в среде защитных газов

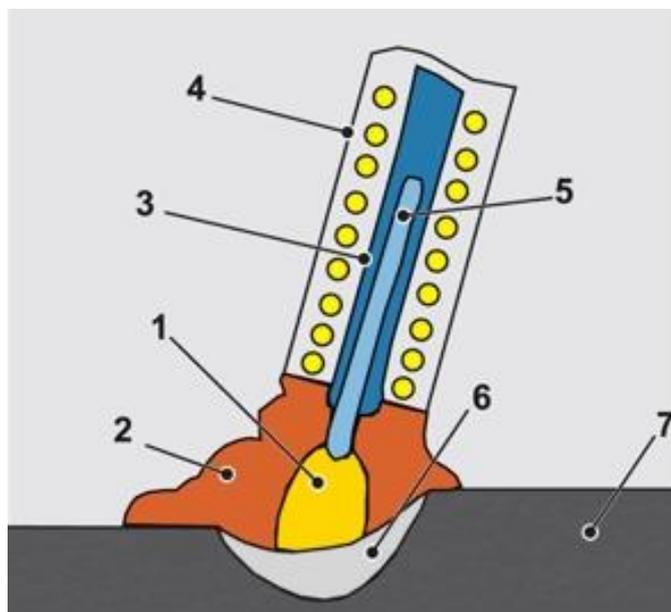
Совершенствованию сварки в углекислом газе посвящено большое количество работ [13, 14, 15]. Их анализ позволяет сделать вывод, что, улучшение условий формирования металла сварного шва может быть достигнуто при управляемом переносе расплавленного электродного металла в сварочную ванну. Импульсное управление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

Механизированная сварка в защитных газах обладает следующими преимуществами: 1) относительная простота оборудования и его малая стоимость (если не принимать во внимание интеллектуальные источники питания); 2) возможность получения для сварочной ванны хорошей газовой защиты (при условии отсутствия осадков и ветра); 3) высокая производительность на форсированных режимах. Следует также отметить ещё одно преимущество механизированной сварки в среде защитных газов – это повышенная вязкость расплавленного металла, позволяющая производить сварку стыковых швов на весу и производить механизацию сварки неповоротных стыков в разных пространственных положениях.

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

Сварка самозащитными порошковыми проволоками (рис. 2.3) обладает положительными свойствами как ручной дуговой сварки, так и механизированной сварки проволоками сплошного сечения. Эта сварка

предоставляет существенные производственные преимущества, особенно в монтажных условиях. При сварке самозащитными проволоками отсутствует необходимость в газовой аппаратуре (баллоны, шланги, редукторы), флюсах и флюсовой аппаратуре, применение которых может существенно усложнить процесс сварки и увеличить его трудоемкость [18, 19].



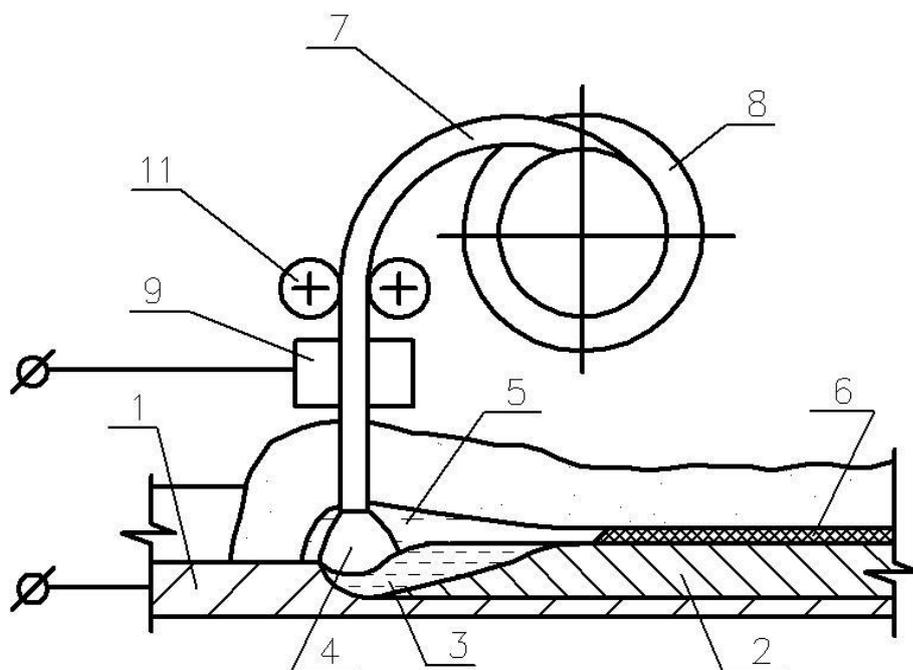
1 – сварочная ванна; 2 – газовая защита; 3 – наконечник направляющей проволоку трубки; 4 – сопло; 5 – проволока-электрод; 6 – сварочная ванна; 7 – наплавленный металл шва

Рисунок 2.3 – 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 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.

При сварке под флюсом (рис. 2.4) горение сварочной происходит между сварочным электродом и наплавляемым изделием. При этом на поверхности изделия образуется ванночка расплавленного металла. Сам участок горения дуги покрыт толстым слоем сыпучего флюса. Под действием дуги происходит частичное расплавление флюса, в нём образуется полость с эластичной оболочкой из шлака, в которой и горит сварочная дуга. Слой расплавленного шлака защищает жидкий и перегретый металл от контакта с воздухом, устраняет разбрызгивание электродного металла, сохраняет тепло сварочной дуги.



1—металл, наплавленный за предыдущий проход; 2—металл, наплавленный за текущий проход; 3—жидкий металл сварочной ванны; 4—электрическая дуга; 5—слой жидкого шлака; 6—шлаковая корка; 7—сварочная проволока; 8—кассета с электродной проволокой; 9—подвод тока; 10—нерасплавившийся флюс; 11—ролики подачи электрода

Рисунок 2.4 – Схема сварки под флюсом

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

2.2 Подготовка кромок труб и сборка стыка

Перед сборкой следует исполнить осмотр поверхности и кромок труб. Обнаруженные на наружной поверхности труб царапины, риски и задиры устраняют при помощи шлифования, если их глубина составляет 0,2...0,5 мм, а исправление не превысит минусовой допуск на толщину стенки по ТУ или ГОСТ.

Недопустимо выполнять ремонт любых повреждений (забоин, задигов и т.д.) с применением сварки, а также не допускается исправление вмятин на концах труб при помощи правки.

Если обнаружены недопустимые дефекты, следует выполнить машинную кислородную резку трубы, обеспечивая получение скоса кромки 25...30°.

Ультразвуковой контроль выполняют по всему периметру трубы, при этом ширина контролируемого участка составляет 40 мм от резаного торца. Если в ходе ультразвукового контроля были обнаружены расслоения, следует отрезать торец трубы на расстояние не менее 300 мм и выполнить повторный ультразвуковой контроль.

Усиление заводского шва на трубах следует сошлифовать снаружи трубы до величины 0,5...1,0 мм на длине 10...15 мм от торца трубы.

Прилегающие к кромкам наружная и внутренняя поверхности труб на ширину 15 мм должны быть зачищены до металлического блеска при помощи шлифмашинки с дисковой проволочной щёткой.

Для выполнения механической обработки торцов труб следует применять станки для подготовки кромок PFM 3456 (рис. 2.5).

Сборку труб под сварку следует выполнять на наружном центраторе без прихваток.

При сборке следует следить, чтобы расстояние между заводскими швами стыкуемых труб составляло не менее 100 мм (при этом рекомендуемое расстояние составляет 250 мм). Рекомендуется располагать

трубы так, чтобы заводские швы находились в верхней половине периметра стыка.



Рисунок 2.5 – Подготовка кромок труб с использованием станка PFM 3456

Сборку стыкового соединения труб следует выполнять без зазора. Допускается локальный зазор в собранном стыке, величина которого не превышает 0,5 мм на участках, длина которых составляет не более 100 мм.

При сборке следует контролировать смещение кромок. Смещение кромок необходимо равномерно распределять по периметру стыка, при этом величина наружного смещения кромок должна быть не более 2,0 мм. Допускаются локальные смещения кромок, имеющие величину до 3,0 мм.

При сборке недопустима подгонка с применением ударного инструмента.

2.3 Предварительный подогрев

Перед сваркой следует провести предварительный подогрев стыка. Для предварительного подогрева применяется установка индукционного нагрева (рис. 2.6). Температура предварительного подогрева составляет +100...130 °С.

Необходимо обеспечивать равномерность подогрева по толщине стенки и периметру стыка, подогрев ведётся на расстоянии не менее 150 мм от стыка (в каждую сторону от стыка не менее 75 мм).

Температура предварительного подогрева замеряется на наружной поверхности труб в четырёх местах, которые должны быть равномерно расположены в каждой четверти периметра стыка. При этом термометры располагают на расстоянии 10...15 мм и 60...75 мм в обе стороны от свариваемых кромок.

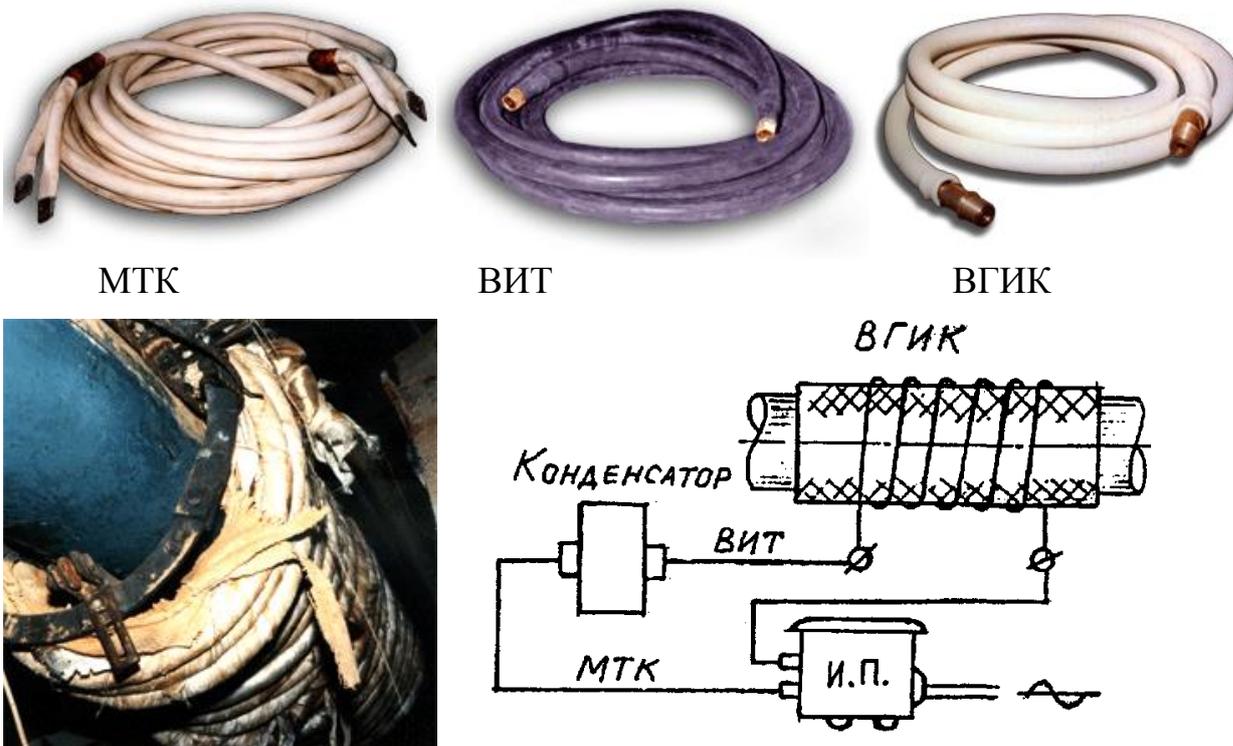


Рисунок 2.6 – Элементы для индукционного нагрева ВГИК, ВИТ и МТК и схема их подключения

Для предварительного подогрева используется набор водоохлаждаемых кабелей для индукционного нагрева труб (производство «Унитех», www.unitechufa.ru), включающий гибкий кабель ВГИК (Водоохлаждаемый гибкий индукционный кабель), являющийся индуктором, и два токоподвода (ВИТ – Водоохлаждаемый индукционный токоподвод и МТК – Малоиндукционный токоподводящий кабель) (рис. 3.6).

Кабель ВГИК представляет собой гофрированную гибкую трубку диаметром 25...30 мм из нержавеющей стали или латуни толщиной 0,2...0,3 мм, помещенную в медную оплетку, являющуюся основной токопроводящей частью кабеля. Снаружи кабель изолирован термостойкой

резиной, стеклотканевым и асботканевым чехлом. Кабель ВГИК выпускается нескольких модификаций в зависимости от величины и частоты рабочего тока (на ток 800, 1000 и 1200 А частотой от 50 Гц до 10 кГц).

В качестве источника питания применим сварочный трансформатор ТДМ-501 (рис. 2.7).



Рисунок 2.7 – Сварочный трансформатор ТДМ-501

2.4 Сварка стыка

Сварку производим механизированной сваркой проволокой сплошного сечения по технологии STT. Сварку производим проволокой марки L-56 диаметром 1,14 мм производства Lincoln Electric или ее аттестованные аналоги.

Проволока SuperArc L-56 (рис. 2.7) - предназначена в первую очередь для сварки по металлам, покрытым слоем окалины - от среднего до значительного. Для достижения максимального качества сварки её следует использовать по чистым поверхностям без следов смазки и ржавчины.

Проволока содержит значительные количества кремния и марганца в качестве раскислителей. Внешний вид сварочного шва и смачивающие свойства выше требуемых по классификации ER70S-3 и ER70S-4. Сварщики особенно отличают эту проволоку за мягкость дуги и прекрасную подачу.



Рисунок 2.7 – Проволока SuperArc L-56

Таблица 2.1 – Химический состав проволоки SuperArc L-56

Углерод	Марганец	Кремний	Сера	Фосфор	Медь
0,05...0,15 %	1,40...1,85 %	0,80...1,15 %	< 0,035 %	< 0,025 %	до 0,50 %

Таблица 2.2 – Механические свойства наплавленного металла

Предел прочности, МПа	Предел текучести, МПа	Относит. удли., %	Ударная вязкость при -29 °С, Дж
564	468	29	54

Параметры режима сварки выбираются согласно рекомендациям фирмы Lincoln Electric (табл. 2.3). Вылет электрода составляет 9,5...15,9 мм. Обычной ошибкой при сварке является слишком большой вылет. Для лучшего контроля за вылетом электрода необходимо, чтобы контактный наконечник выступал от торца сопла сварочной горелки на расстоянии 6,4 мм.

Таблица 2.3 – Параметры режима сварки по технологии STT проволокой SuperArc L-56 диаметром 1,14 мм

Скорость подачи проволоки, дюйм./мин	Пиковый ток, А	Сварочный ток, А	Базовый ток, А	Расход газа, л/мин	Вылет проволоки, мм
90...170	400...420	150...170	35...55	10...12	10...16

Полуавтоматическая сварка STT корневого шва неповоротных стыков труб ведется на спуск (рис. 2.8). Процесс начинается в верхней части трубы в положении 12-ти часов. Возбуждение дуги производится на одной из кромок. Затем дуга переносится на противоположную кромку, формируя при этом сварочную ванну. На этом участке трубы сварка осуществляется с дугообразными колебаниями небольшой амплитуды. Дугу следует располагать внутри сварочной ванны в первой 1/4 или 1/3 от ее переднего фронта. Нельзя располагать дугу на передней кромке сварочной ванны. В позициях от 12-ти до 2-го часа сварка производится углом назад. При этом угол наклона электрода составляет 45 градусов. Совершая дугообразные колебания, не задерживаясь на кромках трубы. Прямолинейные колебания с кромки на кромку приводят к увеличению проплавления. Большая глубина проплавления достигается, если дуга горит внутри сварочной ванны.

С позиции 2-го часа до 4-го часа амплитуду колебаний можно уменьшить и затем совсем прекратить их, продолжая двигаться вдоль стыка и располагая дугу внутри сварочной ванны в первой трети от ее переднего фронта. Угол наклона электрода на этом участке уменьшают до 10...20 градусов.

В позиции 4-6 часов колебания можно возобновить и увеличить угол наклона электрода до 20...30 градусов. При прекращении сварки необходимо прерывать дугу на одной из кромок. По внешнему виду наплавленного валика можно судить о необходимости корректировки сварочных параметров.

Сварка осуществляется аппаратом Invertec STT-II (рис. 2.9), который представляет собой сварочный источник, реализующий процесс STT (Surface Tension Transfer) - перенос металла силами поверхностного натяжения.

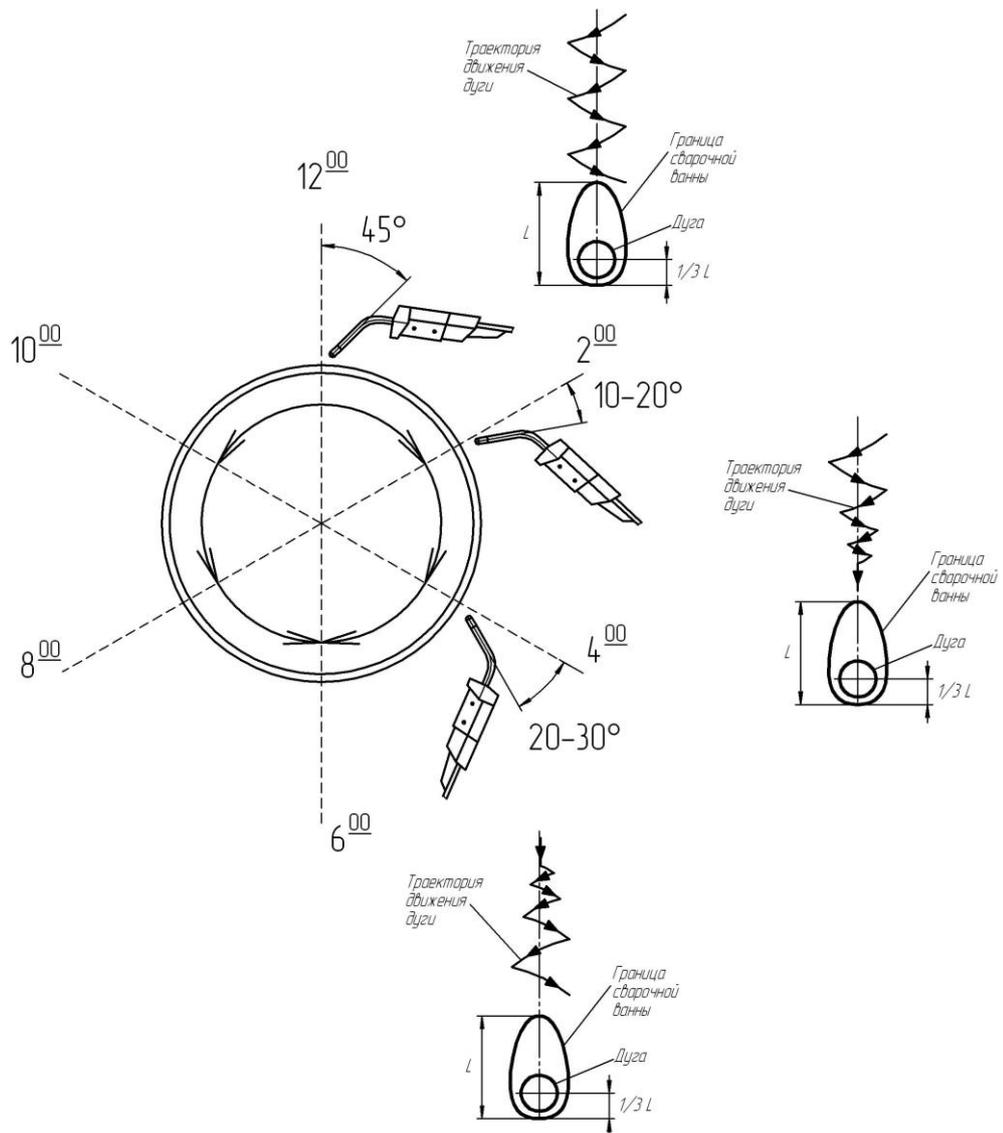


Рисунок 2.8 – Техника сварки стыка труб по технологии STT



Рисунок 2.9 – Источник питания Invertec STT-II с механизмом подачи проволоки LF-33

3 Безопасность и экологичность предлагаемых технических решений

3.1 Технологическая характеристика объекта

Выпускная квалификационная работа посвящена вопросу повышения эффективности технологи сварки стыков магистральных трубопроводов. В соответствии с основной технологией сварка стыков выполняется с применением ручной дуговой сварки штучными электродами.

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

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

Таблица 3.1 - Технологический паспорт объекта

Наименование выполняемых работ и операций проектного процесса	Должность производственного персонала, требуемого для осуществления техпроцесса	Технические устройства, требуемые для осуществления техпроцесса	Вспомогательные материалы
1	2	3	4
1. Подготовительная операция	Слесарь-сборщик	Толщиномер ультразвуковой, орбитальная газовая резка, ультразвуковой дефектоскоп, Разжимное приспособление, газовая горелка, источник ВД-306Д	Круг абразивный, кислород, ацетилен, ветошь, рукавицы
2. Сборка	Электросварщик	Центратор, сварочный источник питания, механизм подачи проволоки	Углекислый газ, сварочная проволока

Продолжение таблицы 3.1

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

3.2 Профессиональные риски при реализации предложенных технических решений

Таблица 3.2 – Идентификация профессиональных рисков

Выполняемые в соответствии с проектной технологией работы	Негативный фактор, представляющий угрозу здоровью и жизни	Источник представляющей угрозу негативного фактора
1	2	3
1. Подготовительная операция	<ul style="list-style-type: none"> - острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; - движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; - повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны; - повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека; - повышенная температура поверхностей оборудования, материалов; - инфракрасное излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений уровня инфракрасной радиации; - ультрафиолетовое излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений 	Толщиномер ультразвуковой, орбитальная газовая резка, ультразвуковой дефектоскоп, Разжимное приспособление, газовая горелка, источник ВД-306Д

Продолжение таблицы 3.2

1	2	3
2. Сборка	<ul style="list-style-type: none"> - острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; - движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; - повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны; - повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека; - повышенная температура поверхностей оборудования, материалов; - инфракрасное излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений уровня инфракрасной радиации; - ультрафиолетовое излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений 	Сборочное приспособление, сварочный источник питания, механизм подачи проволоки
3. Осуществление сварки на трубопроводе	<ul style="list-style-type: none"> - острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; - движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; - повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны; - повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека; - повышенная температура поверхностей оборудования, материалов; - инфракрасное излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений уровня инфракрасной радиации; - ультрафиолетовое излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений 	Сборочное приспособление, сварочный источник питания, механизм подачи проволоки
4. Проведение зачистки сварного шва	<ul style="list-style-type: none"> - острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; - движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; - повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны; - повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека; 	Машинка шлифовальная, зубило, молоток

Продолжение таблицы 3.2

1	2	3
5. Проведение контроля качества сварных стыков труб	<ul style="list-style-type: none"> - ультразвуковое излучение в рабочей зоне сверх значений безопасных для здоровья; - острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; - повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны; - повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека 	Ультразвуковой дефектоскоп

3.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

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

Негативный фактор, представляющий угрозу здоровью и жизни	Организационные методы и технические средства защиты, снижения, устранения опасного или вредного производственного фактора	Индивидуальные средства защиты от действия негативных факторов
1	2	3
1. Наличие на внешних поверхностях применяемого оборудования, приспособлений и инструмента острых кромок, заусенцев;	Инструктаж производственного персонала	Защитные перчатки, защитная одежда.
2. Перемещающиеся в процессе выполнения сборочной операции детали и узлы применяемого оборудования, приспособлений;	Ограждения перемещающихся деталей и узлов и их предохранительная окраска, предупреждающие плакаты.	-
3. Нагрев внешних поверхностей применяемого на операции оборудования, приспособлений, инструмента, свариваемых труб до высоких температур	Инструктаж производственного персонала	Защитные перчатки, защитная одежда.
4. Опасность замыкания на тело рабочего высокого напряжения, питающего производственное оборудование;	Устройство и периодический контроль заземления электрических машин и изоляции	-

Продолжение таблицы 3.3

1	2	3
5. Ультрафиолетовое излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений;	Осуществление экранирования зоны сварки с использованием щитов	Защитные перчатки и одежда, защитная маска.
6. Инфракрасное излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений уровня инфракрасной радиации	Экранирование зоны сварочных работ	Защитные перчатки и одежда, защитная маска.
7. Ультразвуковое излучение в рабочей зоне сверх значений безопасных для здоровья.	Предупреждающие плакаты, обеспечение безопасного расстояния от источника излучения до оператора и безопасного времени пребывания в оператора в зоне излучения	-

3.4 Обеспечение пожарной безопасности

Мероприятия по обеспечению пожарной безопасности производственного участка призваны обеспечить защиту от пожара работников предприятия, а также имущество предприятия. Согласно классификации пожаров по виду горючего материала и учетом производственной ситуации следует классифицировать возможный пожар как пожар класса Е: горение веществ и материалов под напряжением электрического тока. В таблице 3.4 выполним анализ основных и вторичных опасных факторов возможного пожара.

Участок, на котором планируются к внедрению разработанные технические предложения, с учетом класса возможного пожара (Е) необходимо укомплектовать техническими средствами, обеспечивающими защиту от возможного пожара работников и имущества предприятия. Перечень средств для комплектования производственного участка отразим в таблице 3.5.

Таблица 3.4 – Анализ опасных факторов возможного пожара участка сварки

Наименование участка	Наименование оборудования	Классификация по виду горящего вещества	Наименование основных опасных факторов пожара	Наименование вторичных опасных факторов пожара
Участок, на котором осуществляется сборка и сварка	Стойки, источник питания сварочной дуги, сварочный полуавтомат, сварочный трактор, дефектоскоп, машинка шлифовальная	пожары, которые происходят за счет воспламенения и горения веществ и материалов на электроустановках, запитанных электрическим напряжением (Е)	Резкое повышение температуры на участке и вокруг него; выделение при горении токсичных продуктов и угарного газа; выделение аэрозолей, снижающих видимость на участке и вокруг него.	Короткие замыкания на оборудовании, запитанным высоким электрическим напряжением; действие на людей, находящихся в районе возгорания продуктов разложения составов, используемых для пожаротушения.

Таблица 3.5 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

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

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

Перечень операций, осуществляемых в рамках разработанного технологического процесса	Перечень мероприятий	Предъявляемые требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты
Подготовительная операция, сборочная операция, операция предварительного подогрева, операция сварки стыка, контрольные операции.	Инструктаж сотрудников производственного участка правилам предупреждения возгораний и действиям в случае возгорания, деловые игры с сотрудниками по тематике борьбы с пожарами.	На участке необходимо иметь первичные средства пожаротушения в достаточном количестве, должны быть защитные экраны, ограничивающие разлет искр.

3.5 Оценка безопасности для природной среды предлагаемых технических решений

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

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

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

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

3.6 Заключение по разделу

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

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

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

4 Экономическая эффективность предлагаемых технологических решений

4.1 Вводная информация для выполнения экономических расчётов

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

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

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

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

Продолжение таблицы 4.1

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

Продолжение таблицы 4.1

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

4.2 Расчёт фонда времени работы оборудования

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

$$F_{н} = (D_{р} \cdot T_{см} - D_{п} \cdot T_{п}) \cdot K_{см}, \quad (4.1)$$

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

$D_{р}$ – общее число рабочих дней в календарном году;

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

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

$K_{см}$ – количество рабочих смен.

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

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

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

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

где B – процент планируемых потерь рабочего времени.

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

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

4.3 Расчет штучного времени

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам;

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

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

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

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

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

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

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

Расчёт коэффициента загрузки оборудования выполним согласно формуле:

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

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

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

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

$$K_{3б} = 0,76/1 = 0,76,$$

$$K_{3п} = 0,28/1 = 0,28.$$

4.4 Расчет заводской себестоимости базового и проектного вариантов технологии сварки

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$\text{Осс}_{\text{баз.}} = 2527 \cdot 34 / 100 = 859 \text{ руб.},$$

$$\text{Осс}_{\text{проектн.}} = 948 \cdot 34 / 100 = 322 \text{ руб.}$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Значение $C_{зав}$ показателя заводской себестоимости узнаем расчётным путём с использованием формулы:

$$C_{зав} = C_{цех} + Z_{очн} \cdot K_{зав} \quad (4.16)$$

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

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

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

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

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

Таблица 4.2 – Калькуляция технологической, цеховой и заводской себестоимости сварки

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

4.5 Размер капитальных затрат реализации операций по базовому и проектному вариантам

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

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

где K_3 – ранее полученное расчётное значения коэффициента загрузки оборудования ;

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$\text{К}_{\text{ОБ.ПР}} = \text{Ц}_{\text{ОБ.ПР}} \cdot \text{К}_{\text{Т.З}} \cdot \text{К}_{\text{ЗБ}}. \quad (4.20)$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

где Π_T – принятое значение годовой программы.

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

$$K_{удБаз.} = 73500/200 = 368 \text{ руб./ед.}$$
$$K_{удПроектн.} = 90000/200 = 450 \text{ руб./ед.}$$

4.6 Расчётное определение показателей экономической и эффективности предлагаемых решений

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Заключение по экономическому разделу

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

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

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

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

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

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

Заключение

Поставленная в выпускной квалификационной работе цель – повышение производительности и качества операций сварки при строительстве магистральных газопроводов диаметром 530 мм.

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

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы решены следующие задачи: 1) Обоснованный выбор способа сварки; 2) Составление технологии сварки.

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

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

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

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

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

Результаты выпускной квалификационной работы могут быть внедрены в производство при выполнении соединений на магистральных трубопроводах.

Список используемой литературы

1. Варламов, Д.П. Повышение надежности магистральных газопроводов при использовании многократной внутритрубной дефектоскопии / Д.П. Варламов, В.Н. Дедешко, В.А. Канайкин, О.И. Стеклов // Автоматическая сварка. – 2012. – № 3. – С. 28–34.
2. Головкин, В.В. Моделирование состава неметаллических включений в металле сварных швов высокопрочных низколегированных сталей / В.В. Головкин // Автоматическая сварка. – 2001. – № 5. – С. 3–7.
3. Шлепаков, В.Н. Влияние состава сердечника порошковой проволоки и защитного газа на стабильность процесса дуговой сварки / В.Н. Шлепаков, А.С. Котельчук, С.М. Науменко, А.В. Билинец // Автоматическая сварка. – 2005. – № 6. – С. 18–22.
4. Варуха, Е.Н. Расчёт глубины проплавления изделия при сварке в углекислом газе / Е.Н. Варуха, А.А. Морозов // Автоматическая сварка. – 2002. – № 8. – С. 20–23.
5. Гулаков, С.В. К вопросу построения модели сварочной ванны при дуговой сварке плавящимся электродом / С.В. Гулаков, Б.И. Носовский // Автоматическая сварка. – 2002. – № 9. – С. 24–28.
6. Романюк, В.С. Высокопроизводительная сварка неповоротных стыков труб порошковой проволокой с принудительным формированием шва / В.С. Романюк, В.Д. Ковалёв, С.А. Резник, А.М. Семененко // Сварщик. – 2001. – № 2. – С. 32–33.
7. Горбачёв, С.В. Повышение однородности структуры механических свойств сварных соединений из сталей 20 и 30ХГСА в режиме сверхпластической деформации / С.В. Горбачёв, диссертация на соискание уч. степени канд. техн. наук.– Уфа, 2005.
8. Бут, В.С. Развитие технологий ремонта дуговой сваркой магистральных трубопроводов в условиях эксплуатации / В.С. Бут, О.И. Олейник // Автоматическая сварка. – 2014. – № 5. – С. 42–50.

9. Алешин, Н.П. Контроль качества сварочных работ / Н.П. Алёшин, В.Г Щербинский – М.: Высшая школа, 1986. – 207 с.
10. Волченко, В.Н. Контроль качества сварных конструкций / В.Н. Волченко. – М.: Машиностроение, 1986. – 152 с.
11. Потапьевский, А.Г. Сварка сталей в защитных газах плавящимся электродом. Техника и технология будущего: монография / А.Г. Потапьевский, Ю.Н. Сараев, Д.А. Чинахов. Юргинский технологический институт. – Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2012. – 208 с.
12. Потапьевский, А. Г. Сварка в защитных газах плавящимся электродом. Часть 1. Сварка в активных газах / А.Г.Потальевский. – Издание 2-е. недоработанное. – К.: Экотехнолопя, 2007. – 192 с.
13. Lucas W. Choosing a shielding gas. Pt 2 // Welding and Metal Fabrication. – 1992. – № 6. – P. 269–276.
14. Dilthy U., Reisgen U., Stenke V. et al. Schutgase zum MAGM – Hochleistungsschweißen // Schweissen und Schneiden. – 1995. – 47, № 2. – S. 118–123.
15. Dixon K. Shielding gas selection for GMAW of steels // Welding and Metal Fabrication. – 1999. – № 5. – P. 8–13.
16. Реальные возможности безредукторных механизмов импульсной подачи электродной проволоки / В.А. Лебедев, С.П. Ковешников, Б.Г. Светников, С.И. Полосков // Вопросы атомной науки и техники. Сер.: Ядерная техника и технология. - 1989, Вып. 4. - С. 46-48.
17. Лебедев, В.А. Зависимость между скоростями импульсной подачи электродной проволоки и её плавления при сварке с короткими замыканиями / В.А. Лебедев // Автоматическая сварка. – 2007. – № 4. – С. 19–22.
18. Шлепаков, В.Н. Современное состояние разработки и применения порошковых проволок для сварки углеродистых и низколегированных сталей / В.Н. Шлепаков, Ю.А. Гаврилюк, А.С. Котельчук // Автоматическая сварка. – 2010. – № 3. – С. 46–51.

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

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

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