

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

Институт машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра « Сварка, обработка материалов давлением и родственные процессы»

(наименование кафедры)

15.03.01 «Машиностроение»

(код и наименование направления подготовки, специальности)

«Оборудование и технология сварочного производства»

(направленность (профиль)/специализация)

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему «Технология сварки технологического трубопровода нефтебазы»

Студент	<u>К.Б. Агалиев</u> (И.О. Фамилия)	_____ (личная подпись)
Руководитель	<u>А.С. Климов</u> (И.О. Фамилия)	_____ (личная подпись)
Консультанты	<u>В.Г. Виткалов</u> (И.О. Фамилия)	_____ (личная подпись)
	<u>И.В. Краснопевцева</u> (И.О. Фамилия)	_____ (личная подпись)
	<u>А.Н. Москалюк</u> (И.О. Фамилия)	_____ (личная подпись)

Допустить к защите

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

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

_____ (личная подпись)

« _____ » _____ 20 _____ г.

АННОТАЦИЯ

Сварка плавящимся электродом получила наибольшее распространение среди способов дуговой сварки благодаря простоте осуществления процесса. Однако, этот процесс сварки характеризуется наименьшей управляемостью с точки зрения получения стабильного проплавления металла и формирования шва, уменьшения разбрызгивания. В связи с этим современные исследователи уделяют большое внимание вопросу изучения теплофизических характеристик дуги, повышения стабильности процесса сварки, управления переносом электродного металла, разработки новых источников питания и подающих механизмов.

Поставленная цель – повышение качества работ на монтаже технологических трубопроводов нефтебаз за счёт внедрения современных способов управления массопереносом при сварке.

В работе выполнялись следующие задачи:

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

Пояснительная записка состоит из 67 страниц, графическая часть включает в себя 6 листов формата А1.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1. АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ВОПРОСА	
1.1 Описание нефтебазы	8
1.2 Сведения об условиях эксплуатации и материале изделия	14
1.3 Базовая технология сварки технологического трубопровода	17
1.4 Формулировка задач выпускной квалификационной работы	24
2 РАЗРАБОТКА ПРОЕКТНОЙ ТЕХНОЛОГИИ СВАРКИ	
2.1 Обоснование выбора способа сварки	25
2.2 Обоснование выбора защитного газа	26
2.3 Проектная технология сборки и сварки	29
3 ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОСТИ И ЭКОЛОГИЧНОСТИ РАЗРАБАТЫВАЕМОГО ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА	
3.1 Технологическая характеристика объекта	41
3.2 Персональные риски, сопровождающие внедрение проектной технологии в производство	43
3.3 Предлагаемые мероприятия по снижению профессиональных рисков в ходе внедрения в производство проектной технологии	44
3.4 Предлагаемые мероприятия по обеспечению пожарной безопасности разрабатываемого технологического объекта	45
3.5 Оценка экологической безопасности разрабатываемого технологического объекта	47
3.6 Заключение по экологическому разделу	48
4 ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЕКТНОЙ ТЕХНОЛОГИИ	
4.1 Исходные данные для проведения экономического расчёта	49
4.2 Вычисление фонда времени работы оборудования	51
4.3 Расчёт времени, затрачиваемого для выполнения годовой программы, и коэффициента, учитывающего загрузку оборудования	52
4.4 Расчет заводской себестоимости базового и проектного	

вариантов технологии	54
4.5 Калькуляция заводской себестоимости сварки по базовому и проектному варианту технологии	58
4.6 Расчёт капитальных затрат на проведение сварки по базовому и проектному вариантам технологии	59
4.7 Расчёт показателей экономической эффективности проектного варианта технологии	61
4.8 Выводы по экономическому разделу	63
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	64
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ	65

ВВЕДЕНИЕ

Современная нефтебаза является сложным комплексом инженерно-технических сооружений, между которыми за счёт различных технологических процессов осуществляется взаимосвязь. Эти процессы предусматривают выполнение функций по: приему, хранению и снабжению потребителя нефтью и нефтепродуктами. Все основные операции обеспечиваются технологическими трубопроводами, от состояния и работоспособности которых зависит выполнение: перевалки нефти и нефтепродуктов с одного вида транспорта на другой, поставки потребителю нефтепродуктов, приемки нефти и нефтепродуктов из магистрального нефтепровода, нефтеналивной баржи, железнодорожных составов. Работа технологических трубопроводов на нефтебазах происходит в разнообразных условиях, они подвергаются воздействию значительных давлений и высоких температур, коррозии, периодическим охлаждениям и нагревам. Конструкция технологических трубопроводов все более усложняется за счет увеличения параметров транспортируемого продукта, также из-за роста диаметра трубопроводов. Всё более ужесточаются требования к надежности эксплуатируемых технологических трубопроводов.

Затраты на строительство технологического трубопровода могут достигать 30 % стоимости всего предприятия. Поэтому первостепенной важностью обладает проведение технического совершенствования и перевооружения технологических схем, которое проводится специализированными проектными, строительными и эксплуатирующими организациями, использует новейшие достижения науки и передовой техники. Правильный выбор конструкции, качество изготовления элементов и рациональная организация строительства позволяют экономить материальные ресурсы и сократить потери перекачиваемого продукта. Для этого от специалистов требуется всё более глубокие знания, четкое

соблюдение всех правил и требований, регламентирующих строительство и монтаж трубопроводов.

Сварка с применением плавящегося электрода наиболее распространена среди способов, относящихся к дуговой сварки ввиду простоты выполнения операции. Однако, эта технология сварки отличается малой управляемостью если рассматривать необходимость получить стабильность при проплавлении металла и формировании шва, уменьшении разбрызгивания. В связи с этим современные исследователи уделяют большое внимание вопросам изучения теплофизических характеристик дуги, повышению стабильности непосредственно процесса сварки, управлению переносу металла электрода, разработке новых источников питания и механизмов подачи.

Управление переноса электродного металла в сварочной ванне осуществляют за счет принудительного изменения величин и моментов приложения сил, определяющих процессы возникновения и перехода в сварочную ванну капле расплавленного металла электрода.

Обеспечение эффективного управления переносом электродного металла приводит к улучшению формирования швов, снижению разбрызгивания электродного металла при сварке, упрощению ведения процесса в любом пространственном положении (что особенно важно для вертикального и потолочного положения), повышению производительности труда за счет возможности увеличения сварочного тока, допустимого для сварки с применением данной электродной проволоки.

Исследования в области управления массопереносом электродного металла при дуговой сварке проводятся по нескольким принципиально разным направлениям. Первое направление изучает прикладываемое механическое воздействие на электродную проволоку, которое придает ей серию из продольных импульсов при непосредственной подаче к зоне горения дуги [1, 2]. Импульсное изменение характеристик источника тока сварки изучается во втором направлении [3, 4]. В третьем направлении

рассматривается приложение силовых воздействий потоков газа на каплю расплавленного металла электрода непосредственно в зоне горения дуги [5] и применение защитной атмосферы дуги при добавлении активирующих элементов.

Таким образом, актуальна **цель проекта** – повышение качества работ на монтаже технологических трубопроводов нефтебаз за счёт внедрения современных способов управления массопереносом при сварке.

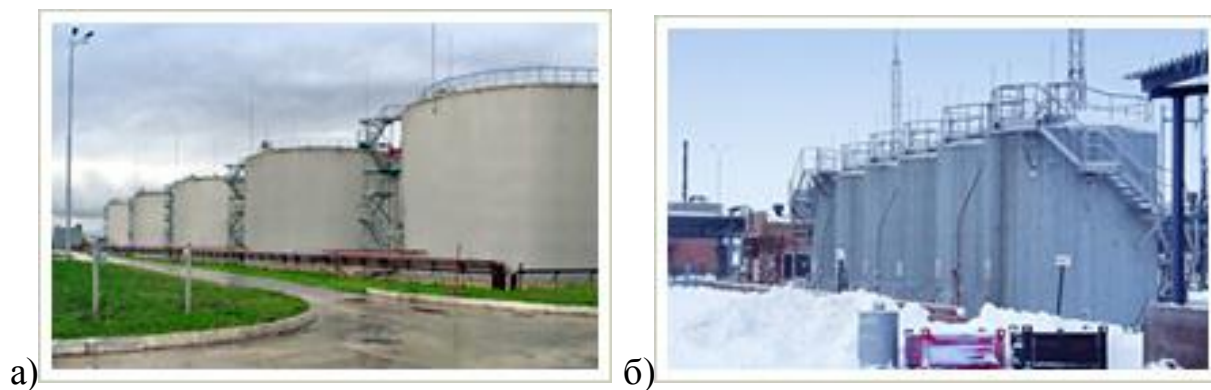
1 АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ВОПРОСА

1.1 Описание нефтебазы

Нефтепродукты поступают на базу непосредственно от заводо-изготовителей в железнодорожных цистернах, и, прибывая на отдельную ветку на территории нефтебазы, проходят обязательный входной контроль, прежде чем попасть в резервуары для хранения. Все технологические процессы на базе автоматизированы.

Для постоянного контроля качества продукта компания имеет собственную лабораторию, которая аккредитована, как технически компетентная испытательная лаборатория с правом проведения испытаний в области аккредитации нефтепродуктов .

База введена в эксплуатацию в мае 2010 года. Оптовая база состоит из комплекса зданий и сооружений, которые предназначены для приема ГСМ по железной дороге.



а – резервуары для светлых нефтепродуктов; б – резервуары для масел

Рисунок 1.1 – Нефтебаза и резервуары

В состав рассматриваемого объекта входят следующие сооружения:

- Резервуарный парк для хранения светлых нефтепродуктов, имеющий вместимость 15 000 куб. метров. Он представлен пятью надземными резервуарами каждый вместимостью по 3 000 куб. м.. Три из этих резервуаров оборудованы понтонами под приём бензина марок

соответственно Аи-95, Аи-92, А-76. За год грузооборот светлых нефтепродуктов приближается к 270 тыс. тонн.

- Резервуарный парк для хранения масел общей вместимостью 600 куб. м., который представлен шестью надземными резервуарами каждый по 100 куб. м.. Эти резервуары оборудованы установками электроподогрева, позволяющими производить отпуск и приём масел в зимний период. За год грузооборот темных нефтепродуктов приближается к 2 300 тоннам.

Отгрузка с нефтебазы осуществляется на условиях самовывоза или автотранспортом продавца, возможен железнодорожный транспорт.

Операции, которые осуществляются нефтебазами, условно можно разделить на основные и вспомогательные.

Основные операции предусматривают выполнение:

- 1) приема нефтепродуктов, которые доставляются на нефтебазу с использованием магистральных нефтепродуктопроводов, железнодорожных вагонов, нефтеналивных судов, а также автомобильным, воздушным транспортом и в мелкой таре (контейнеры и бочки);
- 2) хранения нефтепродуктов, для чего используются резервуарные тарные хранилища;
- 3) отгрузки больших партий нефтепродуктов и нефти, для чего используется железнодорожный транспорт, водный транспорт и трубопроводы;
- 4) реализации малых количеств нефтепродуктов, для чего используются автозаправочные станции, разливные и тарные склады;
- 5) затаривания нефтепродуктов в мелкую тару;
- 6) проведения регенерации масел;
- 7) осуществления компаундирования нефтепродуктов.

Вспомогательные операции предусматривают выполнение:

- 1) очистки и обезвоживания нефтепродуктов;
- 2) ремонта и изготовления тары для хранения нефтепродуктов;

- 3) производства смазок и различных охлаждающих жидкостей;
- 4) проведение ремонта оборудования, зданий и сооружений;
- 5) безопасную эксплуатацию энергетических установок и транспортных средств.

Нефтебазы подразделяются по различным признакам, в числе которых:

1) характер выполняемых операций:

- перевалочные;
- распределительные;
- перевалочно-распределительные;
- хранения;

2) транспортные связи:

- получающие нефтепродукт автотранспортом
- трубопроводные;
- железнодорожные;
- водные;
- водно-железнодорожные;
- глубинные.

В) номенклатура поступающих и хранимых нефтепродуктов:

- базы общего хранения;
- базы, осуществляющие хранение светлых и темных нефтепродуктов, масла и нефти.

Наиболее удобное и бесперебойное проведение этих операций, соответствие противопожарным нормам, обеспечивается компоновкой объектов нефтебазы в семи зонах (рис. 1.2).

Первая зона предназначена для проведения железнодорожных нефтегрузовых операций, в её состав входят сооружения, обеспечивающие погрузку и разгрузку крупных партий нефтепродуктов и нефти, которые перевозятся железнодорожным транспортом. В этой зоне предусмотрено размещение:

- операторной, обеспечивающей обслуживание персонала эстакады;

- насосных станций при эстакаде, обеспечивающий перекачку нефтепродуктов и нефтей;
- железнодорожных подъездных путей;
- площадок и эстакад для проведения погрузочно-разгрузочных работ;
- технологических трубопроводов различного назначения.

Вторая зона предназначена для выполнения водных нефтегрузовых операций, в состав которой входят сооружения, обеспечивающие погрузку и разгрузку крупных партий нефтепродуктов и нефти, перевозимых водными видами транспорта. В этой зоне предусмотрено размещение:

- морских и речных грузовых пристаней;
- насосных станций;
- береговых резервуарных парков;
- технологических трубопроводов;
- операторных.

Третья зона предназначена для хранения, в ней предусматривается наличие следующих объектов:

- резервуарного парка;
- технологических трубопроводов;
- насосных станций;
- операторных.

Четвёртая зона является оперативной, в ней производят отпуск нефтепродуктов мелкими партиями в автоцистерны, контейнеры и бочки, в ней предусмотрено размещение:

- автоэстакад, на которых производится налив нефтепродукта в автоцистерны;
- разливных, на которых производится налива нефтепродуктов в бочки;
- складов, на которых хранятся затаренные продукты переработки нефти;
- лабораторий, отвечающих за проведение анализа качества нефтепродуктов;
- складов для хранения тары;

- цеха, осуществляющего разлив продуктов переработки нефти в безвозвратную мелкую тару;
- цеха, осуществляющего регенерацию отработанного масла.

Пятая зона – зона вспомогательных сооружений, обслуживающих нефтебазу, представленных:

- механической мастерской;
- котельной;
- электростанцией;
- цехом, проводящим ремонт нефтяной тары;
- водопроводными и сантехническими сооружениями;
- материальным складом;
- топливным складом для нужд нефтебазы;
- объектами противопожарной службы.

Шестая зона административно-хозяйственного назначения, представленная:

- конторами нефтебазы;
- пожарным депо;
- зданиями охраны нефтебазы;
- гаражом.

Седьмая зона - зона очистных сооружений, на которой расположены:

- нефтеловушка для отделения нефтепродуктов от воды;
- пруд-отстойник для сбора промышленных стоков;
- иловая площадка;
- насосная станция при нефтеловушке.

№	Условные обозначения
1	резервуар для светлых нефтепродуктов
2	резервуары для воды
3	ворота
4	резервуар для дизельного топлива
5	водопроводная насосная станция
6	склад пенообразователя с резервуаром артезианский колодец
7	резервуары для темных нефтепродуктов
8	резервуары для темных нефтепродуктов
9	насосная светлых и темных нефтепродуктов
10	слив-наливная железнодорожная эстакада
11	по же, светлых нефтепродуктов
12	хранилище нефтепродуктов в таре
13	тренировочная полосу
14	горючие нефтепродукты
15	цех слуда отработавших газов
16	паромная
17	паромная
18	паромная
19	пожарное депо
20	гараж
21	осложение
22	блок подсобно-производственного назначения
23	калитка
24	операторная
25	реактивная
26	контактный резервуар
27	нефтепродукта
28	регулирующая емкость
29	шлюзовая площадка
30	станция перекачки конденсата
31	железобетонный лоток
32	лестница через абсорбционные
33	комплекс механической очистки
34	резервуар для проливных нефтепродуктов
35	конгломератная насосная
36	привычные резервуар
37	эстакада для мойки машин
39	эстакада для мойки машин
40	по же темных нефтепродуктов
41	распределочная

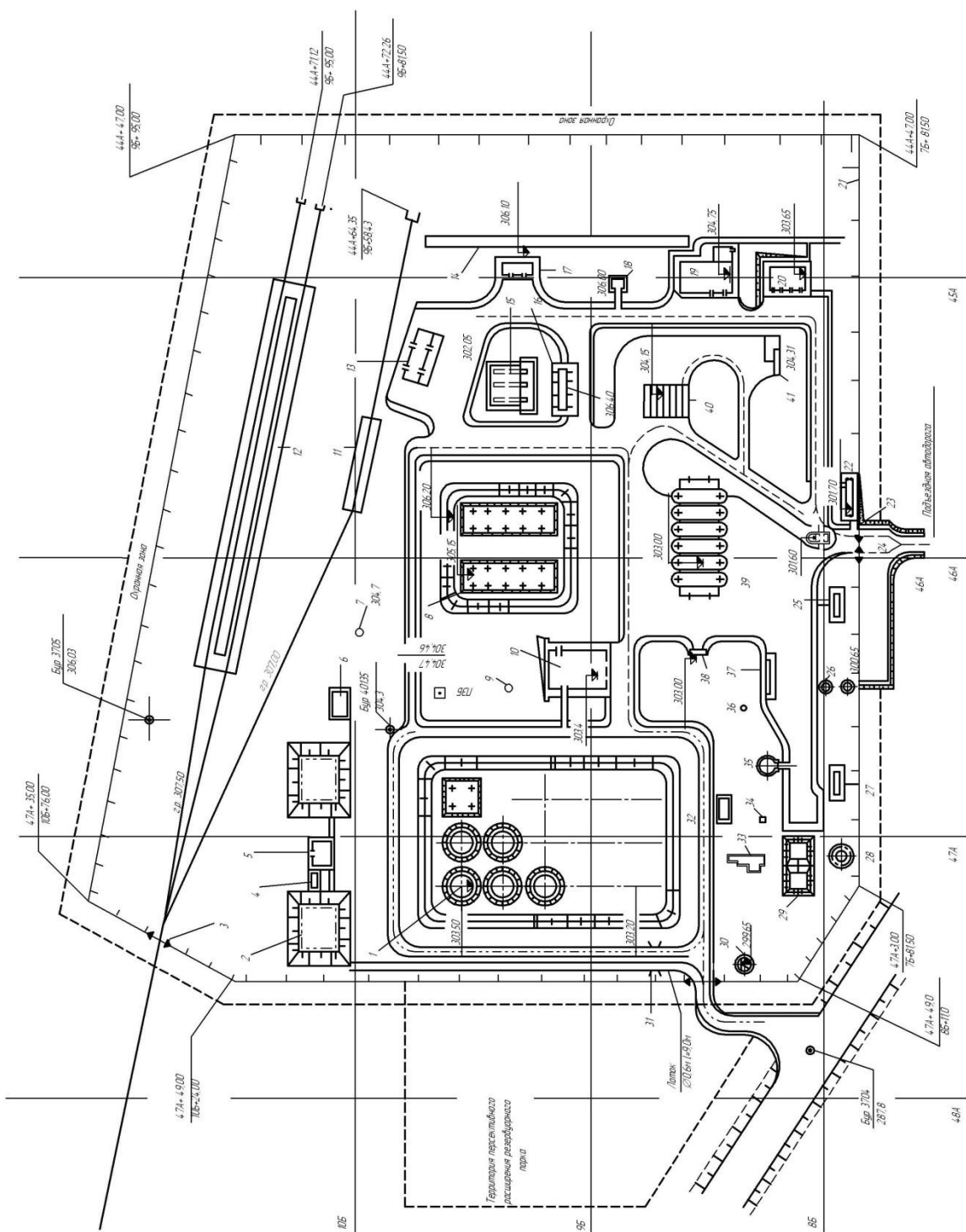


Рисунок 1.2 – Генеральный план нефтебазы

1.2 Сведения об условиях эксплуатации и материале изделия

Категории трубопроводов определяют совокупность технических требований к конструкции, монтажу и объему контроля трубопроводов.

К эксплуатационным параметрам следует отнести температуру, состав рабочей среды и её рабочее давление. Указанные параметры задают значения основных характеристик трубопровода – диаметра, толщины стенки, материал труб и элементов. Требования к качеству сварки и объему проводимых испытаний, требования по контролю качества определяются группой, к которой относится трубопровод.

Схема технологического трубопровода нефтебазы (рис. 1.4) предусматривает выполнение следующих операций:

- слив нефтепродуктов из железнодорожных вагонов-цистерн;
- налив светлых нефтепродуктов в железнодорожные вагоны-цистерны;
- хранение нефтепродуктов в резервуарах;
- налив нефтепродуктов в автоцистерны из резервуаров;
- налив в бочкотару;
- внутрехазовую перекачку нефтепродуктов.

Трубопроводы с давлением до 10 МПа (100 кгс/см²) включительно в зависимости от класса опасности транспортируемого вещества (взрыво-, пожароопасность и вредность) подразделяются на группы (А, Б, В) и в зависимости от рабочих параметров среды (давления и температуры) - на пять категорий (I, II, III, IV, V).

Проектируемый трубопровод, согласно квалификации относится к группе Б, группе I, расчетное давление до 2,5 МПа, рабочая температура до 150°С, транспортируемая среда – нефтепродукты светлые (бензин и дизельное топливо). Сечения применяемых труб следующие: 273×6 мм; 219×6 мм; 159×4,5 мм.

Для трубопроводов, транспортирующих сжиженные углеводородные газы, а также вещества, относящиеся к группе Б, следует применять

бесшовные горяче- и холоднодеформированные трубы по государственным стандартам или специальным техническим условиям.

Учитывая требования, условия эксплуатации трубопровода, нагрузки, проектировщиками заложена в качестве материала сталь 20. Трубы применяются по ГОСТ 8734-75. Химический состав стали приведен в таблице 1.1, механические свойства в таблице 1.2. В качестве заменителей данной стали можно применить 20ЮЧ, 15ГС, 16ГС, 09Г2С, 10Г2.

Таблица 1.1 – Химический состав в % стали 20, ГОСТ 1050-84

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	N	Cu	As
0,17- 0,21	0,03	0,25- 0,5	до 0,3	до 0,04	до 0,035	до 0,3	до 0,008	до 0,3	до 0,08

Таблица 1.2 – Механические свойства при T=20°C материала сталь 20

Сортамент	σ_B , МПа	σ_T , МПа	δ , %	ψ , %	КСУ кДж / м ²
Лист	393	248	30	50	-

Сталь 20 является конструкционной углеродистой качественной сталью, поставляемой по видам обработки в виде кованой, калиброванной, горячекатаной. По требованиям к механическим свойствам стали 20 выделяют 5 категорий. К первой категории относят сталь всех видов обработки, не проходящей испытаний на ударную вязкость и растяжение. Ко второй категории относят нормализованную сталь всех видов обработки размером 25 мм, проходящей испытания на ударную вязкость и растяжение. К третьей категории относят сталь, проходящую испытания на растяжение, которые проводят на образцах из нормализованной стали, размером 26...100 мм. К четвертой категории относят изделия, для которой образцы для испытаний на растяжение и ударную вязкость изготавливают из термически обработанных заготовок размером не более 100 мм. К пятой категории

относят изделия, испытания механических свойств которых на растяжение проводят на образцах из калиброванных термически обработанных (высокоотпущенных или отожженных) или нагартованных сталей.

Началоковки стали 20 происходит при температуре 1280 °С, окончание – при температуре 750° С, охлаждение поковок – воздушное. Сталь 20 нефлокеночувствительна и не склонна к отпускной хрупкости. Стали 20 имеет хорошую свариваемость. Для конструкций из стали 20 могут быть рекомендованы такие способы сварки как аргодуговая, контактная точечная, ручная дуговая, механизированная под газовой защитой и флюсом.

Сталь 20 применяют при изготовлении малонагруженных деталей (пальцы, оси, копиры, упоры, шестерни), деталей с последующей цементацией, которые предназначены для длительной службы с температурой эксплуатации не больше 350° С. Кроме этого этот материал применяют при изготовлении тонких деталей, работающих на истирание. Без термообработки или после операции нормализации сталь 20 можно использовать при изготовлении крюков кранов, вкладышей подшипников и других деталей, которые эксплуатируются под давлением и диапазоне температур порядка -40...450°С. После химико-термической обработки данный материал можно использовать для изготовления деталей, требующих высокую поверхностную прочность (червяки, червячные пары, шестерни). Широкое распространение материал получил в строительстве трубопроводного транспорта – из него изготавливается труба паропровода с критическим и сверхкритическим параметрами пара, бесшовная труба высокого давления и т.д.

1.3 Базовая технология сварки технологического трубопровода

Первой операцией базового технологического процесса является – **входной контроль**, который предусматривает следующие операции:

- 1) проверка сопроводительной документации (сертификаты, паспорта) на применяемые трубы, арматуру и другие детали; осуществление контроля соответствия труб, арматуры и других деталей требованиям технических условий и чертежей, проверка соответствия проектной документации устанавливаемых труб, арматуры и других деталей;
- 2) проверка качества сварочных материалов, правильности назначения режимов прокали и хранения сварочных материалов; проверка соответствия марок сварочных материалов, материалам, указанным в операционных технологических картах;
- 3) проверка состояния сварочного оборудования, сварочного инструмента, контрольно-измерительных приборов, измерительного инструмента, сборочной оснастки; технических возможностей к обеспечению точности сборки, заданного режима сварки, подогреву и остыванию стыков; наличие и состоянию средств индивидуальной защиты;
- 4) проверка квалификации работников и ей соответствия выполняемым работам, проверка проведения необходимых инструктажей, наличие у работников соответствующих удостоверений и других разрешающих документов;
- 5) проверяются лицензии на выполнение работ, проекты производства работ, акты аттестации технологии сварки, акты сварки допускных стыков, наличие или отсутствие операционных технологических карт на выполняемые работы, наличие нарядов допуска на выполнение огневых работ;
- б) оценивается реальное состояние трубопроводов и условия для выполнения работ требованию безопасности и нормативным и техническим актам на производимые работы.

Вторая операция – подготовка кромок. После приемки труб необходимо произвести очистку внутренних полостей труб и арматуры от различных загрязнений (снег, грунт и пр.)

После этого производят разделку кромок труб, которую выполняют с применением ручной кислородной резки. Для этой операции применяется резак ГРМ-70, который предназначен для резки металла толщиной 3...50 мм. Вес резака составляет 630 грамм. Применяют редукторы ДКП-1-65 для кислорода и ДАП 1-65 для ацетилена. После резки осуществляется зачистка кромок с применением абразивных кругов и притупление кромок с применением абразивных кругов. Для этого используется машинка шлифовальная угловая МШУ-1-6-230 и абразивные круги 14А80Т264. Геометрические размеры подготовленных кромок приведены на рис. 1.3.

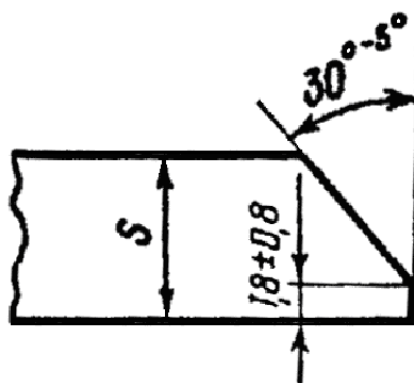


Рисунок 1.3 – Разделка кромок под сварку, S=12 мм.

У подготовленных под сварку кромок шероховатость поверхности должна соответствовать нормам. Необходимо устранить все местные уступы и неровности, которые имеются на кромках и могут препятствовать их соединению. Устранение производят до сборки с использованием абразивного круга или напильника, при этом не допускаются острые углы и резкие переходы.

После обработки кромок необходимо выполнить проверку соответствия формы, размеров и качества подготовки кромок требованиям технологии. Проверка размеров кромок производят по специальными шаблонам.

Третья операция – сборка под сварку. Производят установку двух подготовленных труб на 2 призмы и центровку этих труб. Сборку стыков труб под сварку производят, используя центровочные приспособления, обеспечивающие получение требуемой соосности и равномерного зазора по всей окружности стыка. Также при сборке применяют прихватки или привариваемые на расстоянии 50...70 мм от торца труб временные технологические крепления. Эти крепления изготавливают из стали того же класса, что и свариваемые трубы.

Сборку труб под сварку производят с использованием наружных эксцентриковых или звенных центраторов (рис. 1.4). При сборке заводских (как продольных, так и спиральных) швов производится смещение друг относительно друга на расстояние порядка 100 мм.



Рисунок 1.4 – Сварка с применением центратора ЦЗН

Четвёртая операция - прихватка и сварка. Перед выполнением прихваток и сварки корневого слоя шва необходимо произвести предварительный подогрев свариваемых кромок. Проведение предварительного подогрева необходимо, если температура окружающего воздуха в помещении составляет ниже -5°C , при этом замер температуры следует производить в двух различных точках помещения. После проведения предварительного подогрева и просушки осуществляют прихватку стыка труб. Распределение прихваток необходимо делать равномерно по всему периметру стыка и производить их не ближе 100 мм от продольного шва трубы. Параметры режима при выполнении прихваток

соответствуют параметрам режима сварки корневого слоя шва, которые указаны в табл. 1.3.

После выполнения прихваток их необходимо зачистить, при этом начальный и конечный участки каждой прихватки должны быть обработаны шлифовальным кругом.

Далее осуществляют сварку корневого слоя шва. Параметры режима сварки корневого слоя шва приведены в таблице 1.4.

Таблица 1.3 – Параметры режима при ручной электродуговой сварке

Электроды с основным видом покрытия		
Свариваемый слой	Диаметр электрода, мм	Величина сварочного тока, А
Корневой слой	2,5-3,0	60-80
Заполняющие слои	2,5-3	90-130
	4,0	110-180
Облицовочный слой	2,5-3	90-130
	4,0	110-180

Для сварки используется выпрямитель ВД-306 УЗ (рис. 1.6)



Рисунок 1.5 – Сварочный выпрямитель ВД-306 УЗ

Центраторы можно снимать после того, как было выполнено не менее 60% периметра корня шва. Сразу после окончания сварки корня шва производят его зачистку с внешней стороны трубы с использованием шлифовального круга.

В процессе сварки следует предотвращать стык от перемещений или любых других внешних воздействий до полного завершения корневого слоя шва. После того, как сварили корневой слой шва и сняли центратор, приступают к заполнению разделки стыка. Сварку стыка производят с использованием постоянного тока обратной полярности. При применении электродов с основными видами покрытий направление сварка выполняется «снизу-вверх»; при применении электродов с целлюлозными видами покрытий сварка выполняется «сверху-вниз».

Зажигание дуги необходимо выполнять в разделке кромок или на ранее выполненных участках шва.

Пятая операция – контроль качества сварных соединений. Проверку качества сварных швов трубопроводов проводят систематическим пооперационным контролем, внешним осмотром и измерениями, неразрушающими методами контроля; испытаниями механических свойств образцов пробных стыков и металлографическими исследованиями. Результаты контроля сварных соединений следует фиксировать в соответствующих документах.

Пооперационный контроль предусматривает выполнение следующих операций:

- а) проверка сварочных материалов и труб на качество соответствие требованиям нормативной документации (стандарты и технические условия);
- б) проверка подготовки торцев труб под сварку и качества сборки стыков (угол скоса кромок, несовпадение кромок, величина зазоров в стыке труб, правильность центровки труб, правильность расположения и количество выполненных прихваток, отсутствие трещин в прихватках);
- в) проверяют температуру предварительного подогрева;
- г) проверяют качество и технологию сварки (значения параметров режима сварки, соблюдение порядка наложения швов, качество послойной зачистки сварных швов от шлака);

д) проверяют соблюдение параметров режима термической обработки сварных соединений.

Внешний осмотр и измерения проводят применительно ко всем сварным соединениям. При этом до проведения внешнего осмотра следует произвести очистку сварного соединения труб от шлака, окалины, брызг металла и загрязнений. Очистку проводят на ширине не менее 20 мм в обе стороны от оси сварного шва.

К результатам внешнего осмотра сварных швов предъявляют следующие требования:

- а) стандартная форма и размеры сварного шва;
- б) мелкая чешуйчатость поверхности сварного шва;
- в) не допускается наличие ноздреватости, свищей, скоплений пор, прожогов, незаплавленных кратеров, наплывов в местах перехода сварного шва к основному металлу трубы.
- в) плавность перехода от наплавленного металла к основному металлу трубы.

Подрезы в местах перехода от шва к основному металлу допускаются по глубине не более 10% толщины стенки трубы, но не более 0,5 мм. При этом общая протяженность подреза на одном сварном соединении не должна превышать 30% длины шва.

Контроль сварных соединений **радиографическим методом** производят после устранения дефектов, которые были выявлены внешним осмотром. Оценка качества сварных соединений по результатам радиографического контроля проводится с использованием балльной системы. Величина суммарного балла качества получается путём сложения наибольших баллов, которые были получены при отдельной оценке качества сварных соединений по группам дефектов. К первой группе таких дефектов относят плоскостные дефекты (трещины, несплавления, непровары). Ко второй группе таких дефектов относят объёмные дефекты (поры, шлаковые включения) дефектам. Сварные соединения, которые были оценены указанным или большим баллом, следует исправлять и подвергать

повторному контролю. Сварные соединения трубопроводов, которые были оценены суммарным баллом 4, исправлять не нужно, но необходимо провести дополнительный контроль с удвоенным от первоначального объема количеством стыков.

В результате применения ручной дуговой сварки наблюдается большое число дефектов (табл. 1.4).

Таблица 1.4 – Наиболее частые дефекты при ручной дуговой сварке

Дефекты	Причины образования дефектов
1	2
Непровары	1) неправильный выбор формы разделки; 2) недостаточная погонная энергия; 3) нарушение подготовки поверхностей; 4) чрезмерная величина притупления; 5) мала величина зазоров; 6) смещение в процессе сварки электрода; 7) некачественное проведение зачистки шва после выполнения прохода
Занижение шва	1) чрезмерный зазор кромок; 2) чрезмерная величина угла разделки кромок; 3) нарушение техники сварки.
Подрезы	1) чрезмерная величина сварочного тока; 2) чрезмерная величина скорости сварки; 3) чрезмерная длинная дуга; 4) недостаточный наклон электрода (неправильное ведение)
Прожоги	1) повышенное значение погонной энергии; 2) чрезмерный зазор; 3) недостаточная величина притупления кромок; 4) чрезмерное смещение кромок при сборке; 5) коробление деталей при сварке
Наплывы	1) чрезмерная величина сварочного тока; 2) чрезмерная скорость сварки; 3) чрезмерная длина дуги (повышенное напряжение); 4) смещение электрода при сварке; 5) недостаточный наклон электрода (неправильное ведение)
Свищ	1) низкое качество основного металла; 2) нарушение газовой защиты.
Трещины	1) превышение времени между сваркой и термообработкой; 2) чрезмерно большая скорость охлаждения; 3) нарушение газовой защиты; 4) низкое качество основного металла.

Продолжение таблицы 1.4

1	2
Поры	1) применение отсыревших электродов; 2) нарушение подготовки свариваемых кромок; 3) чрезмерный диаметр электрода; 4) чрезмерная длина дуги; 5) чрезмерная скорость сварки; 6) нарушение газовой защиты; 7) низкое качество основного металла.
Включения	1) нарушения подготовки поверхности деталей; 2) низкое качество основного металла; 3) нарушение технологии сварки; 4) нарушение газовой защиты.

1.4 Формулировка задач выпускной квалификационной работы

Базовая технология сварки с применением ручной дуговой сварки штучными электродами обладает следующими недостатками: малая производительность сварки, низкое качество выполняемых работ по причине получения множественных дефектов. Эти два недостатка связаны между собой и должны быть комплексно устранены. Для этого предлагается решение следующих задач, которые были сформулированы по результатам анализа состояния вопроса:

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

2 РАЗРАБОТКА ПРОЕКТНОЙ ТЕХНОЛОГИИ СВАРКИ

2.1 Обоснование выбора способа сварки

Сварка в активных газах получила широкое промышленное применение после того, как был предложен способ механизированной сварки в углекислом газе плавящимся электродом [6]. До этого применению углекислого газа для создания защитной атмосферы препятствовало порообразование в швах, возникающее по причине кипения металла сварочной ванны от выделений монооксида углерода из-за недостаточного раскисления сварочной ванны. При использовании сварочной проволоки с повышенным содержанием кремния (Св-08ГС и Св-08Г2С) этот недостаток был устранён [7], что послужило широкому использованию углекислого газа в сварочном производстве.

Промышленное применение дуговой сварки плавящимся электродом в защитных газах постоянно расширяется, и есть все основания полагать, что это будет происходить и в будущем. При анализе литературных данных [13...17] установлено, что дуговая сварка в среде защитных газов преобладает над другими способами сварки плавлением, при этом, сохраняется тенденция к замене ручной сварки с применением штучных электродов механизированными способами.

Работы, выполненные в ИЭС им. Е. О. Патона, позволили определить условия, обеспечивающие возможность активного воздействия на характер изменения физических процессов в разрядном промежутке. В результате был разработан новый способ импульсно-дуговой сварки (ИДС) плавящимся электродом в защитных газах с программным управлением образованием каждой капли плавящегося электрода и, как следствие, размерами и формой сварного шва во всех пространственных положениях [8, 1].

При ИДС наблюдается мелкокапельный перенос электродного металла, что не только позволяет производить сварку во всех пространственных

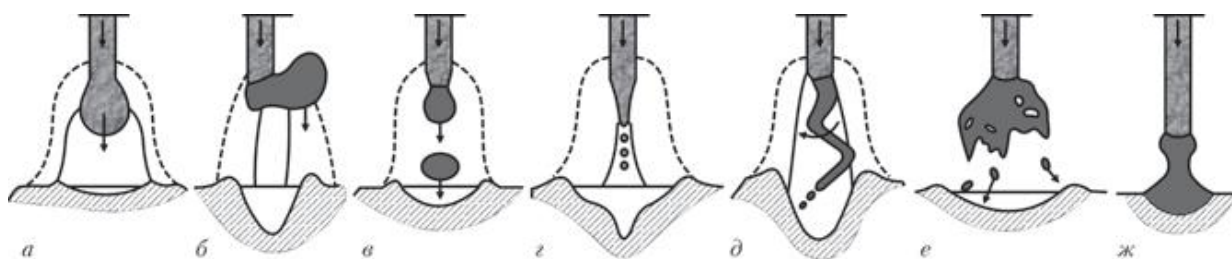
положениях, но и упростить и облегчить сварочную аппаратуру для механизированной сварки различных материалов, снизить потери металла на угар и разбрызгивание, обеспечить высокие механические свойства металла шва и улучшить его формирование [6, 9].

2.2 Обоснование выбора защитного газа

Диоксид углерода долгое время преимущественно использовали в странах Восточной Европы и развивающихся странах благодаря его относительно низкой стоимости и доступности. Однако такие существенные недостатки сварки в CO_2 серийными кремнемарганцевыми проволоками, как повышенный уровень разбрызгивания и набрызгивания электродного металла, не широкое и глубокое проплавление основного металла с высоким валиком, зачастую плохие физико-механические свойства металла шва и особенно его ударная вязкость при отрицательных температурах стали причиной того, что в последнее время и в этих странах наблюдаются устойчивые тенденции к вытеснению CO_2 смесями газов на основе аргона в тех отраслях, где уделяется повышенное внимание к показателям качества металла шва и сварных соединений. Среди промышленно развитых стран только в Японии сохраняются устойчиво высокие объемы применения сварки в CO_2 (около 70 % общего объема сварочных работ, выполняемых механизированной сваркой в защитных газах) [18]. Поскольку это страна с весьма ограниченными энергетическими ресурсами, то, по-видимому, повышенная энергоемкость производства аргона по сравнению с CO_2 является основной причиной того, что работы по уменьшению недостатков процесса сварки в CO_2 в Японии ведутся в направлении совершенствования источников питания или использования новых сварочных проволок как сплошного сечения, так и порошковых [18].

Смеси $\text{Ar} + \text{CO}_2$. Применение смесей этих газов происходит по причине поиска защитной среды, сочетающей в себе преимущества аргона,

углекислого газа и аргоно-кислородной смеси. Выявляется существенная зависимость от состава смеси формы дуги и характера переноса электродного металла при использовании в качестве защитного газа смеси $Ar + CO_2$. При одних и те же параметрах режима сварки в смесях с различным содержанием CO_2 переноса электродного металла может иметь характер как капельный без коротких замыканий (рис. 2.2 а), так с короткими замыканиями дугового промежутка (рис. 2.2 ж), мелкокапельный (рис. 2.2 в) и струйный (рис. 2.2 г). При содержании углекислого газа более 20 % при значении тока выше критического значения происходит изменение формы проплавления основного металла и исчезновение пальцеобразного провара (рис. 2.2 г). При условии содержания в защитной смеси CO_2 в пределах 35...40 %, сварка становится похожей на сварку в чистом углекислом газе, однако при этом снижается разбрызгивание электродного металла.



а) капельный; б) крупнокапельный; в) мелкокапельный; г) струйный;
 д) струйно-вращательный; е) со взрывом капли; ж) с короткими замыканиями

Рисунок 2.1 – Влияние типа переноса электродного металла на форму проплавления по классификации МИС [19]

Смеси аргона, кислорода и углекислого газа. Развитие сварки плавлением как одного из важнейших технологических процессов в промышленности и строительстве тесно связано с разработкой способов защиты расплавленного металла от воздуха. Новые перспективы применения способа сварки сталей в активных защитных газах открыло использование смесей аргона с окислительными газами CO_2 и O_2 . Наибольшее распространение получили смеси $Ar + CO_2$, $Ar + CO_2 + O_2$ и $Ar + O_2$. В

зависимости от класса свариваемых сталей в составе смесей газов на основе аргона может присутствовать 0,5...8 % O₂ и 3...25 % CO₂ [10].

Применение при сварке плавящимся электродом окислительных газовых смесей на основе аргона позволило устранить или уменьшить влияние многих недостатков, которые свойственны процессу сварки в чистом углекислом газе. В частности, удалось значительно снизить разбрызгивание и набрызгивание электродного металла, повысить качество формирования швов, уменьшить расход электродной проволоки [11], улучшить механические свойства швов и повысить их стойкость против зарождения и распространения хрупких разрушений [12].

Известна защитная газовая смесь, состоящая из 80% Ar+15% CO₂+5% O₂, обеспечивающая высокое качество металла сварных швов и значительное уменьшение разбрызгивания при сварке со струйным переносом электродного металла.

При отсутствии струйного переноса процесс сварки в этой смеси практически не отличается от сварки в CO₂ и характеризуется интенсивным разбрызгиванием электродного металла к грубо-чешуйчатым формированием поверхности шва. Это значительно ухудшает внешний вид свариваемого изделия и как следствие сужает область применения защитных газовых смесей.

Снижение критического тока для получения струйного переноса металла достигается тем, что в предлагаемый состав смеси введен озон в количестве 0,00001...0,1%, а остальные компоненты взяты в следующем соотношении, %:

- углекислый газ 5...40;
- кислород 0,01...10;
- аргон – остальное.

Предлагаемая газовая смесь, сохраняя все положительные качества известной смеси, позволяет получить струйный перенос металла при более низком значении сварочного тока и, следовательно, выполнять швы малого

сечения без разбрызгивания. Наличие в смеси озона в малых концентрациях способствует улучшению атмосферы в сварочном цехе. Кроме того, озон, придавая газовой смеси специфический приятный запах, позволяет быстро обнаруживать ее утечку.

Смесь приготавливают путем смешения чистых газов из баллонов {озон получают с помощью лабораторного озонатора) при этом используют сварочную проволоку марки Св-08Г2С диаметром 1,6 и 2,0 мм.

Опытные сварки показали, что применение предлагаемой смеси позволяет получить устойчивый струйный перепое электродного металла для проволоки диаметром 1,6 ММ при сварочном токе 300 а, а для проволоки диаметром 2,0 мм при токе 350 А. В тех же условиях сварки в смеси $Ar+25\% CO_2+5\% O_2$ критический ток был 350 А и 400 А соответственно.

Технологические испытания предлагаемой смеси показали, что она обеспечивает хорошее формирование сварных швов на всех опробованных режимах. При сварке на токах выше критического поверхность швов гладкая, сравнима с поверхностью швов, выполненных под флюсом. Горение дуги в этом случае мягкое, разбрызгивание полностью отсутствует.

2.3 Проектная технология сборки и сварки

Для сварки применим проволоку Св-08Г2С (табл. 2.1), это сварочная проволока повышенного качества по ГОСТ 2246-70 диаметром 1,2 мм.

Таблица 2.1 – Состав проволоки Св-08Г2С, %

Углерод	Кремний	Марганец	Хром	Никель	Сера	Фосфор
C	Si	Mn	Cr	Ni	S	P
0,05-0,11	0,70-0,95	1,80-1,90	<0,20	<0,25	<0,025	<0,030

Подготовку поверхности труб по проектному варианту производим с применением воздушно-плазменной резки. Производим очистку поверхности

трубы на поверхности начала реза от окалины, грязи, масел, ржавчины, краски. Полость трубы очищаем от грязи и снега. Перед операцией резки изолированных труб следует зачистить место начала реза от изоляции, после этого выполнить зачистку этого места до характерного металлического блеска.

Перед началом работы оператор проверяет состояние электрических проводов и контактов у источника питания; для выявления соответствия напряжения сети напряжению, указанному на маркировке источника питания; производит подключение источника питания к компрессорной установке.

Затем производится соединение с источником питания плазматрона, для этого производится подключение по порядку: подвод газа; вилка высоковольтного провода вспомогательной дуги; подключение штепсельного разъема провода управления к колодке.

Плазмотрон необходимо закрепить в державке суппорта вращателя труб. Необходимо следить, чтобы расстояние между плазмотроном и поверхностью разрезаемой трубы составляло 10...15 мм, а также за тем, чтобы в процессе резки не происходило изменение положения плазматрона. Наклон плазматрона к образующей трубы должен быть под углом 30...35°.

Источник питания плазматрона подключают к трёхфазной сети переменного тока 3×380 В посредством автоматического выключателя.

Шланги и кабели, проходящие от источника питания к плазмотрону, должно быть таким образом расположены, чтобы при движении плазматрона вокруг трубы они не мешали работе плазматрона.

На источнике питания плазматрона по указателю с применением регулируемого резистора устанавливается рабочий ток в соответствии с параметрами режима, которые указаны в таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Параметры газоплазменной подготовки кромок

Толщина металла, мм	Сила тока, А	Напряжение, В	Скорость резки, м/мин
7-15	150-170	115-120	1,2-0,8
16-25	170-200	110-115	1,0-0,6

Производится нажатие кнопки "пуск" осциллятора. При этом возникает загорание вспомогательной дуги между электродом и соплом плазмотрона, эта дуга непосредственно выдувается из сопла в виде плазменного факела с длиной порядка 10...15 мм. При касании факела вспомогательной дуги металла трубы, происходит загорание режущей дуги между электродом плазмотрона и металлом трубы. Далее происходит автоматическое отключение вспомогательной дуги.

После окончания резки обрыв дуги производят нажатием кнопки "стоп".

После остывания кромки производят удаление шлака и грата с поверхности реза с применением проволочной щетки и зубила. Поверхность реза осматривается, проверяется качество реза. Несовпадение начала и конца кольцевого реза Δa не должно быть больше 2 мм, рис. 2.2. Шероховатость поверхности R_z измеряется по фактической высоте микронеровностей на поверхности реза. Значение шероховатости не должно быть больше 1,0 мм при толщине металла трубы 5...12 мм и 1,2 мм и толщине 13...30 мм (согласно ГОСТ 14792-80).

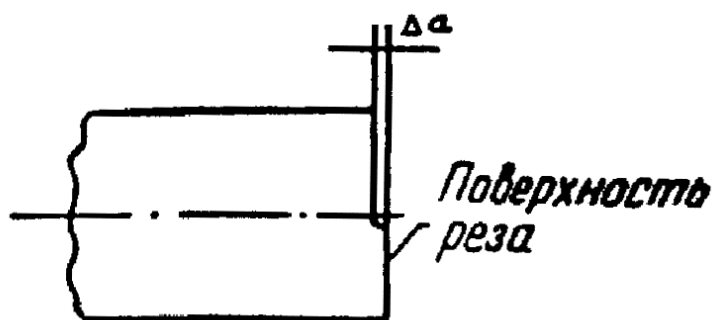


Рисунок 2.2 – Несовмещение начала и конца реза

В случае несоответствия качества поверхности реза перечисленным требованиям, необходимо исправление обнаруженных дефектов. Для этого шероховатость и ступеньки на поверхности зашлифовываются до получения заданных. Чтобы избежать образования пор при сварке, которые могут получиться по причине насыщения азотом поверхности реза, поверхность реза зачищают с использованием абразивного круга до металлического блеска на глубину 0,3...0,5 мм, формируя в нижней части притупление величиной 1,5...2 мм.

Производим расчёт параметров режима сварки:

1) Величину сварочного тока определяем по диаметру применяемой проволоки сплошного сечения с использованием формулы:

$$I_{\text{н\acute{a}}} = \frac{\pi \cdot d_{\text{з}}^2 \cdot a}{4}, \quad (2.1)$$

где $I_{\text{св}}$ – величина сварочного тока, А;

$d_{\text{з}}$ – диаметр применяемой сварочной проволоки, мм;

a – принятое значение плотности тока в сварочной проволоке ($a=110...130$ А/мм²).

Подставив в формулу (2.1) требуемые значения, получим:

$$I_{\text{н\acute{a}}} = \frac{3,14 \cdot 1,2^2 \cdot 130}{4} = 150 \text{ А.}$$

2) При выборе величины напряжения дуги $U_{\text{д}}$ следует учитывать, что оно является одним из самых важных параметров режима сварки. Уменьшение диаметра электрода приводит к увеличению влияния величин напряжения дуги на качество получаемых соединений. При повышении напряжения дуги происходит увеличение длины дуги и ширины шва, уменьшение высоты усиления и улучшение формы шва. Следует учитывать, что повышение напряжения на дуге вызывает увеличение потерь электродного металла на разбрызгивание и окисление. Для получения

оптимального провара и внешнего вида сварных швов, приемлемых потерь электродного металла и высокой производительности необходимо выбирать оптимальное значение напряжения дуги. Значение напряжения дуги и величину расхода углекислого газа выбирают в зависимости от величины сварочного тока. Принимаем U_d при сварке 21...22 В, расход защитного газа 9...10 л/мин.

3) Величину вылета электродной проволоки задаём в соответствии с технологическими рекомендациями компании Lincoln Electric – являющейся разработчиком способа СТТ сварки – 10...16 мм.

4) Величину скорости подачи электродной проволоки V_{np} задаём исходя из принятого сварочного тока I_{cv} и диаметра сварочной проволоки d_{np} с использованием формулы:

$$V_{i\delta} = \frac{4a_{\delta} \cdot I_{\tilde{n}\tilde{a}}}{\pi \cdot d_{\tilde{y}}^2 \cdot \rho}, \quad (2.2)$$

где α_p – принятое значение коэффициента расплавления проволоки, г/А·ч;

ρ - значение плотности металла электродной проволоки, г/см³.

Величину α_p рассчитываем с использованием формулы:

$$a_{\delta} = 3,0 + 0,08 \frac{I_{\tilde{n}\tilde{a}}}{d_{\tilde{y}}}. \quad (2.3)$$

Подставив в формулу (2.2) и (2.3) требуемые значения, получим:

$$a_{\delta} = 3,0 + 0,08 \frac{150}{1,2} = 13 \text{ г/А·ч}; \quad V_{i\delta} = \frac{4 \cdot 13 \cdot 150}{3,14 \cdot 1,2^2 \cdot 7,8} = 220 \text{ м/ч}.$$

4) Значение скорости сварки рассчитываем с использованием формулы:

$$V_{\tilde{n}\tilde{a}} = \frac{a_i \cdot I_{\tilde{n}\tilde{a}}}{100 \cdot F_{\tilde{a}} \cdot \rho}, \quad (2.4)$$

где α_n – величина коэффициента наплавки, г/А·ч:

$$a_i = a_3(1 - \psi), \quad (2.5)$$

где ψ - величина коэффициента потерь, учитывающего угар и разбрызгивание (при сварке в CO_2 $\psi=0,1\dots0,15$);

F_b – принятая площадь поперечного сечения валика сварного шва, см^2 (принимается $0,25 \text{ см}^2$).

Подставив в формулу (2.4) и (2.5) требуемые значения, получим:

$$a_i = 13(1 - 0,1) = 11,7 \text{ г/А}\cdot\text{ч}; \quad V_{\text{на}} = \frac{11,7 \cdot 150}{100 \cdot 0,25 \cdot 7,8} = 14 \text{ м/ч.}$$

Сборку стыков с использованием трубного центриатора производим без прихваток. Зазор в верхней части стыка должен составлять $2,1\dots2,4$ мм, в остальной части стыка – $2,4\dots3,0$ мм. Если при установке зазора возникла необходимость выполнить прихватки, то их следует выполнять не менее трех, при этом длина каждой прихватки должна быть не менее 100 мм. Параметры режима сварки при выполнении прихваток соответствуют параметрам режима при выполнении корневого слоя шва. Необходимо производить тщательную зашлифовку абразивным кругом «захода» и «выхода» каждой прихватки.

После сварки корневого слоя шва необходимо произвести зачистку абразивным кругом корневого слоя шва снаружи трубы, выбирая зашлакованные "карманы". Следует отметить по проектной технологии трудоемкость зачистки меньше за счёт применения механизированной сварки в углекислом газе. Более высокая степень проплавления получается также благодаря концентрации энергии при сварке по технологии STT.

При выполнении корневого слоя шва неповоротного стыка труб с применением импульсной механизированной сварки необходимо соблюдать следующую методику выполнения сварного шва (рис. 2.10). Сварку ведут на спуск, начиная её в верхней части трубы, что соответствует положению часовой стрелки «на 12-00 часов». Дугу следует возбуждать на одной из

кромки труб, после чего горящую дугу следует перевести на противоположную кромку труб, формируя сварочную ванну. Сварку ведут, накладывая на движение электрода дугообразные колебания небольшой амплитуды. При этом сварочную дугу следует располагать внутри сварочной ванны в первой трети или четверти от переднего фронта сварочной ванны (рис. 2.10). Не допускается располагать сварочную дугу на передней кромке сварочной ванны. Начиная с позиции, соответствующей положению часовой стрелки «на 12-00 часов» и до позиции, соответствующей положению часовой стрелки «на 2-00 часа» сварку следует вести углом назад. При этом угол наклона электрода должен составлять приблизительно 45 градусов. При этом накладывают дугообразные колебания на дугу, а саму дугу не следует задерживать на кромках трубы. Прямолинейные колебания сварочной дуги с кромки на кромку приводят к увеличению проплавления. Ещё большее увеличение глубины проплавления достигается при условии поддержания горения дуги внутри сварочной ванны.

С позиции, соответствующей положению часовой стрелки «на 2-00 часа» до позиции, соответствующей положению часовой стрелки «на 4-00 часа» амплитуду колебаний следует уменьшить и затем колебания следует совсем прекратить. При этом следует продолжать движение дуги вдоль стыка. Сварочную дугу располагают в первой трети от ее переднего фронта сварочной ванны. На этом участке производят уменьшение угла наклона электрода до величины 10...20 градусов.

В позиции, соответствующей положению часовой стрелки «на 4-00 часа» и до позиции, соответствующей положению часовой стрелки «на 6-00 часов» можно возобновить колебания электрода, если увеличить при этом угол наклона электрода до 20...30 градусов.

В случае необходимости прекращения сварки прерывание дуги следует производить на одной из кромок. По внешнему виду наплавленного валика можно судить о необходимости проведения корректировки параметров сварки.

Параметры режима сварки:

- | | |
|-----------------------------|------------------|
| - вылет проволоки | - 10...16 мм; |
| - базовый ток | - 50...70 А; |
| - сварочный ток | - 150...170 А |
| - пиковый ток | - 350...400 А; |
| - скорость подачи проволоки | - 220...240 м/ч; |
| - скорость сварки | - 14...18 м/ч. |

В случае рестарта (возобновления процесса сварки), которое происходит после обрыва дуги, сварку начинают с верхней части кратера, предварительно очистив его от шлака. Заполнение кратера производят с наложением малых колебаний проволоки. После заполнения кратера сварку продолжают с нужной скоростью.

После сварки заполняющего слоя необходимо произвести тщательной зачистки поверхности шва металлической дисковой щеткой. Металлическую дисковую щетку необходимо использовать, потому что проплавление шва в проектной технологии больше, и шлаковые включения удаляются более легко, чем в случае сварки штучными электродами, как по базовой технологии.

При сварке заполняющих слоев необходимо производить обработку шлифкругом участков начала и конца сварки, а также замков шва.

При выполнении облицовочного слоя шва необходимо перекрытие основного металла на величину 2,5...3,5 мм, должны отсутствовать образования подрезы и непровары по кромкам. Облицовочный слой шва и прилегающую поверхность труб подвергают чистовой обработке с использованием дисковой проволочной щетки, очищая поверхность от шлака и брызг.

Запрещено оставлять незаконченный стык.

Сварку выполняют аппаратом Invertec STT-II (рис. 2.3), представляющим сварочный источник, реализующим процесс STT (Surface Tension Transfer) – это перенос металла силой поверхностного натяжения. Эта технология специально разработана для возможности сварки

тонколистовых конструкций и качественной сварки корневых швов взамен аргонно-дуговой технологии.

В источнике STT осуществляется компенсация изменения длины вылета электрода путем автоматической коррекции длительности импульса тока с постоянной амплитудой. Делается это следующим образом. Во время КЗ система измеряет падение напряжения на электроде, пропорциональное вылету электрода. Оно усредняется и подается на интегратор. Последний начинает интегрирование с нулевыми начальными условиями в момент зажигания дуги. Когда напряжение на выходе интегратора сравнивается с регулируемым опорным напряжением (устанавливается ручкой «тепло» на передней панели источника), импульс плавления прекращается, а ток дуги начинает плавно спадать до базового тока паузы. Таким образом, длительность импульса тока плавления обратно пропорциональна длине дуги.



Рисунок 2.3 – Источник питания Invertec STT-II

Контроль качества

Проведение приемочного контроля сварных соединений трубопроводов предусматривает:

- проведение визуального и измерительного контроля;
- проведение ультразвуковой и радиографической дефектоскопии.

Время проведения контрольных операций после выполнения сварки должно быть минимальным, что позволит обеспечить оперативное

исправление дефектов без нарушения заданной последовательности выполнения технологических операций при монтаже или ремонте трубопроводов.

К визуальному и измерительному контролю предъявляются следующие требования:

- визуальному контролю должны быть подвергнуты 100 % сварных соединений трубопроводов;
- до проведения визуального контроля следует произвести очистку сварного соединения труб от шлака, окалины, брызг металла и загрязнений. Очистку проводят на ширине не менее 20 мм в обе стороны от оси сварного шва.
- проведение визуального контроля производится невооруженным глазом или с использованием лупы 4...7-кратного увеличения. При этом лупа используется на участках, которые требуют уточнения характеристик обнаруженного дефекта. При необходимости применяют также переносной источник света;
- к недопустимым дефектам, выявляемым при визуальном контроле, следует отнести: непровары (несплавления) между основным металлом и швом, а также между валиками шва; трещины всех видов и направлений; наплывы (натеки) и брызги металла; незаваренные кратеры; свищи; прожоги; скопления включений;
- Проведение измерительного контроля сварных соединений (измерение геометрических параметров сварного шва, контроль смещения кромок, величина перелома осей труб, величина углублений между валиками, характер чешуйчатости поверхности швов и др.) выполняют в местах, которые вызывают сомнение по результатам визуального контроля. Размеры и форму шва проверяют с использованием шаблонов, размеры дефекта определяют с использованием измерительных инструментов.
- корневую часть шва подвергают визуальному контролю до заполнения разделки. Этот контроль сварщик должен провести сразу после зачистки поверхности корневого слоя шва. Результаты контроля качества корня шва

считаются удовлетворительными, если не было обнаружено трещин, незаваренных прожогов и кратеров, скоплений включений, превышающих нормы.

К ультразвуковому контролю предъявляются следующие требования:

- проведение ультразвукового контроля должно осуществляться только на тех соединениях, которые выполнены с полным проплавлением (не имеют конструктивного непровара).
- ультразвуковому контролю качества подвергают – 100 % сварных стыков.
- при ультразвуковом контроле недопустимыми дефектами являются трещины любого вида и направления, которые могут быть расположены в металле шва, на линии сплавления и в основном металле в околошовной зоне;
- также недопустимым дефектом является непровар (несплавление), который может быть обнаружен у поверхности сварного шва. Непровар может быть обнаружен также и в сечении сварного соединения, т.е. располагаться между основным металлом и сварным швом, между валиками и слоями сварного шва;
- к недопустимым дефектам следует отнести также незаваренные прожоги, свищи, непровары в корне шва в стыках.

Для проведения ультразвукового контроля используется ультразвуковой дефектоскоп А 1241 «Эксперт» (рис. 2.4).



Рисунок 2.4 – Ультразвуковой дефектоскоп А 1241 «Эксперт»

Ультразвуковой дефектоскоп А1214 ЭКСПЕРТ является полностью цифровым, малогабаритным ультразвуковым дефектоскопом общего назначения. Позволяет реализовывать типовые и специализированные методики ультразвукового контроля, дефектоскоп имеет высокую производительность и точность измерений.

Назначение дефектоскопа А1214 ЭКСПЕРТ:

- применяется для контроля сварных швов;
- применяется для поиска мест коррозии, трещин, внутренних расслоений и других дефектов трубопроводов;
- применяется для определения координат и оценки параметров дефектов типа несплошности и неоднородности материала в металлических и пластмассовых изделиях;
- измерение толщин изделий.

3 ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОСТИ И ЭКОЛОГИЧНОСТИ РАЗРАБАТЫВАЕМОГО ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА

3.1 Технологическая характеристика объекта

В проектной технологии предлагается заменить способ ручной дуговой сварки штучными электродами на способ механизированной сварки в среде защитных газов, предусматривающий импульсное управление сварочной дугой. Как показывает практика, одним из путей улучшения санитарно-гигиенических характеристик дуговой сварки как раз и является применение импульсных источников питания, которые позволяют снизить избыточную энергию дуги, осуществлять управление переносом электродного металла, уменьшить его разбрызгивание. Таким образом уменьшается выделение в воздух рабочей зоны вредных веществ в составе сварочного аэрозоля [20, 21, 22]. Становится возможным повышать качество сварных соединений, управлять геометрическими параметрами сварного шва, снижать энерго- и ресурсозатраты на процесс сварки и, предположительно, снижать выделение вредных веществ в воздух рабочей зоны. Последнее остается весьма актуальной задачей при решении проблемы защиты рабочих и окружающей среды от неизбежных вредных выделений сварочных аэрозолей, особенно при применении легированных электродных проволок [23, 24].

Таблица 3.1 - Технологический паспорт объекта

Наименование технологических операций и выполняемых работ при осуществлении технологии	Наименование должности работника, в обязанности которого входит выполнение данной технологической операции	Перечень оборудования, устройств и приспособлений, применяемых при выполнении технологической операции	Вещества и материалы, применяемые при выполнении технологической операции
1. Подготовительная операция	Слесарь-сборщик	Кромкострогальный станок, машинка шлифовальная	СОЖ, абразивный круг
2. Сборочная операция	Слесарь-сборщик	Центратор типа ЦН	Сжатый воздух
3. Проведение предварительного подогрева собранного стыка труб	Электросварщик на автоматических и полуавтоматических машинах	Подогреватель стыков индукционный	-
4. Осуществление сварки стыка на трубопроводе	Электросварщик на автоматических и полуавтоматических машинах	Источник питания сварочной дуги, центратор типа ЦН, сварочный полуавтомат	Проволока присадочная, электроды LB-62
5. Проведение зачистки сварного шва	Слесарь-сборщик	машинка шлифовальная, зубило, молоток	Абразивный круг
6. Проведение контроля качества сварных стыков труб	Дефектоскопист рентгенографирования	Аппарат рентгеновский Арина 7	Плѐнка типа РП

3.2 Персональные риски, сопровождающие внедрение проектной технологии в производство

Таблица 3.2 –Профессиональные риски, сопровождающие реализацию проектной технологии

Наименование технологической операции, выполняемые работы	Опасные и вредные производственные факторы, сопровождающие осуществление проектной технологии	Источник появления опасных или вредных производственных факторов
1. Подготовительная операция	<ul style="list-style-type: none"> - острые кромки, заусенцы и шероховатости, присутствующие на поверхностях заготовок, инструмента и оборудования; - подвижные части механизмов, производственного оборудования и машин 	Станок для проведения подготовки кромок, шлифмашинка
2. Сборочная операция	<ul style="list-style-type: none"> - острые кромки, заусенцы и шероховатости, присутствующие на поверхностях заготовок, инструмента и оборудования; - подвижные части механизмов, производственного оборудования и машин 	Наружный трубный центратор
3. Проведение предварительного подогрева собранного стыка труб	<ul style="list-style-type: none"> - повышенное значение напряжения в электрической цепи, для которой присутствует риск замыкания через тело человека; - высокая температура нагрева поверхности оборудования, заготовок и сварочных материалов 	Индукционный трубный подогреватель
4. Осуществление сварки стыка труб	<ul style="list-style-type: none"> - повышенное значение напряжения в электрической цепи, для которой присутствует риск замыкания через тело человека; - высокая температура нагрева поверхности оборудования, заготовок и сварочных материалов; - повышенное значение в рабочей зоне уровня УФ волн; - повышенное значение в рабочей зоне уровня инфракрасной радиации 	Сварочный источник тока, наружный трубный центратор, сварочный полуавтомат

Продолжение таблицы 3.2

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

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

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

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

Продолжение таблицы 3.3

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

3.4 Предлагаемые мероприятия по обеспечению пожарной безопасности разрабатываемого технологического объекта

Таблица 3.4 - Технические средства, обеспечивающие пожарную безопасность технологического объекта

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

Таблица 3.5 – Выявление классов и опасных факторов возможного пожара

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

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

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

3.5 Оценка экологической безопасности разрабатываемого технологического объекта

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

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

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

Рассматриваемый технический объект в рамках проектной технологии	Сварка трубопровода
Мероприятия, позволяющие достигнуть уменьшения негативного антропогенного воздействия на литосферу	Следует предусмотреть установку контейнеров, позволяющих проводить селективный сбор производственных отходов и бытового мусора. Необходима установка отдельного контейнера для сбора металлолома. На контейнеры следует нанести соответствующие надписи. Необходимо проведение инструктажа среди рабочих сварочного участка по вопросу правильного складывания мусора и отходов в контейнеры.

3.6 Заключение по экологическому разделу

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

4 ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЕКТНОЙ ТЕХНОЛОГИИ

4.1 Исходные данные к проведению экономического расчёта

В выпускной квалификационной работе предложены технологические мероприятия по повышению производительности и качества выполнения сварных стыков технологических трубопроводов на газораспределительном пункте. При выполнении базовой технологии сварки для строительства трубопровода предусматривается ручная дуговая сварка штучными электродами, что приводит к получению значительного числа дефектов и дополнительным затратам времени на их устранение. В разработанном варианте технологии предложено заменить ручную дуговую сварку на полуавтоматическую сварку проволокой сплошного сечения в среде CO_2 с импульсным управлением сварочной дугой. Применение предложенных технологических решений позволит получить некоторое снижение трудоемкости сварки и повышение стабильности качества выполняемых сварных соединений.

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

Таблица 4.1 – Исходные данные для проведения экономического расчёта

№	Наименование экономического показателя	Обозначение показателя	Единица измерения	Значение экономического показателя по вариантам технологии	
				Базовый	Проектный
1	2	3	4	5	6
1	Общее количество рабочих смен	Ксм	-	2	2
2	Установленная норма амортизационных отчислений на используемое в технологическом процессе оборудование	На	%	21,5	21,5
3	Принимаемый разряд сварщика	Р.р.		IV	IV
4	Величина часовой тарифной ставки	Сч	Р/час	59,6	59,6
5	Значение коэффициента, устанавливающего размер отчислений на дополнительную заработную плату	Кдоп	%	12	12
6	Значение коэффициента, устанавливающего размер доплат к основной заработной плате	Кд		1,88	1,88
7	Значение коэффициента, учитывающего размер отчислений на социальные нужды.	Ксн	%	34	34
8	Принятое значение размера амортизационных отчислений на площади	На.пл.	%	5	5
9	Стоимость эксплуатации производственных площадей	Сзксп	(Р/м ²)/год	2000	2000
10	Цена приобретения производственных площадей	Цпл	Р/м ²	3000	3000
11	Площадь, которая занята технологическим оборудованием	S	м ²	20	20
12	Значение коэффициента, который учитывает наличие транспортно-заготовительных расходов	Кт -з	%	5	5
13	Значение коэффициента, учитывающего затраты на монтаж и демонтаж технологического оборудования	Кмонт Кдем	%	3	5

Продолжение таблицы 4.1

1	2	3	4	5	6
14	Рыночная стоимость применяемого технологического оборудования	Цоб	Руб.	54120	130680
15	Значение коэффициента, учитывающего затраты на дополнительную производственную площадь	Кпл	-	3	3
16	Потребляемая мощность технологического оборудования	Муст	кВт	4	7,3
17	Стоимость расходуемой на проведение технологии электрической энергии	Цэ-э	Р/ кВт	1,75	1,75
18	Значение коэффициента, учитывающего выполнение нормы	Квн	-	1,1	1,1
19	Значение коэффициента полезного действия технологического оборудования	КПД	-	0,7	0,85
20	Принятое значение нормативного коэффициента эффективности капитальных вложений	Ен	-	0,33	0,33
21	Значение коэффициента, который учитывает цеховые расходы	Кцех	-	1,5	1,5
22	Значение коэффициента, который учитывает заводские расходы	Кзав	-	1,15	1,15
23	Значение коэффициента который учитывает производственной нормы	Кв		1,03	1,03
24	Время машинное	t _{МАШ}	час	12	7
25	Стоимость вспомогательных материалов: электроды; проволока электродная	Ц _{ЭЛ}	руб/кг	335,0	177,88
26	Стоимость СО ₂	Ц _{СО2}	Руб/л		11,67

4.2 Вычисление фонда времени работы оборудования

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

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

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

Подставив в (4.1) заданные значения, получим:

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

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

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

где B – плановые потери рабочего времени.

Подставив в (4.2) заданные значения, получим:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Подставив в (4.3) заданные значения, получим:

$$t_{\text{шт.баз}} = 5 + 0,5 + 0,5 + 0,25 + 0,05 = 6,3 \text{ ч.}$$

$$t_{\text{шт.проектн.}} = 3 + 0,3 + 0,3 + 0,15 + 0,03 = 3,78 \text{ ч.}$$

Годовую программу объемов работ определяем расчётным путём:

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

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

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

Подставив в (4.4) необходимые значения, получим:

$$П_{\Gamma.\text{баз.}} = 4108/6,3 = 652 \text{ стыков за год};$$

$$П_{\Gamma.\text{проектн.}} = 4108/3,78 = 1086 \text{ стыков за год.}$$

Для проведения дальнейших экономических расчётов принимаем $П_{\Gamma} = 600$ стыков за год.

Количество оборудования определяем с использованием формулы:

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

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

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

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

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

Подставив в (4.5) необходимые значения, получим:

$$n_{\text{РАСЧ.Б}} = \frac{6,3 * 600}{4108 * 1,03} = 0,89 \text{ ед.}$$

$$n_{\text{РАСЧ.ПР}} = \frac{3,78 * 600}{4108 * 1,03} = 0,53 \text{ ед.}$$

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

Расчётное определение величины коэффициента загрузки оборудования выполним с использованием зависимости:

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

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

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

Подставив в (4.6) необходимые значения, получим:

$$K_{zб} = 0,89/1 = 0,89$$

$$K_{zп} = 0,53/1 = 0,53$$

4.4 Расчет заводской себестоимости базового и проектного вариантов технологии

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

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

где C_m – стоимость сварочных материалов;

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

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

Определение расходов на материалы выполняем исходя из описания технологии сварки.

$$M_{\text{баз.}} = (335 \cdot 1,107 + 148,5) \cdot 1,05 = 313,98 \text{ рублей}$$

$$M_{\text{проектн.}} = (177,88 \cdot 1,4 + 60,0 \cdot 11,67) \cdot 1,05 = 178,28 \text{ рублей}$$

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

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

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

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

Подставив в (4.8) необходимые значения, получим:

$$Z_{\text{осн.баз.}} = 6,3 \cdot 59,6 \cdot 1,88 = 705,9 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{осн.проектн.}} = 3,78 \cdot 59,6 \cdot 1,88 = 423,54 \text{ руб.}$$

Для расчётного определения дополнительной заработной платы используем формулу:

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

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

Подставив в (4.9) необходимые значения, получим:

$$Z_{\text{доп.баз.}} = 705,9 \cdot 12/100 = 84,7 \text{ рублей;}$$

$$Z_{\text{доп.проектн.}} = 423,54 \cdot 12/100 = 50,82 \text{ рублей;}$$

$$\text{ФЗП}_{\text{баз.}} = 705,9 + 84,7 = 790,6 \text{ рублей;}$$

$$\text{ФЗП}_{\text{проектн.}} = 423,54 + 50,82 = 474,36 \text{ рублей.}$$

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

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

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

Подставив в (4.10) необходимые значения, получим:

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

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

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

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

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

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

Величину амортизации оборудования вычисляем с использованием формулы:

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

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

N_a – принятое значение нормы амортизации оборудования.

Подставив в (4.12) необходимые значения, получим:

$$A_{об.б} = \frac{54120 \cdot 21,1 \cdot 5}{4108 \cdot 100} = 13,89 \text{ руб.}$$

$$A_{об.пр} = \frac{130680 \cdot 21,1 \cdot 3}{4108 \cdot 100} = 20,14 \text{ руб.}$$

Расчётное определение расходов на электроэнергию производим с использованием зависимости:

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

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

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

КПД – значение коэффициента полезного действия технологического оборудования.

Подставив в (4.13) необходимые значения, получим:

$$P_{\text{э-эб}} = \frac{4 * 5 * 1,75}{0,7} = 50 \text{руб.}$$

$$P_{\text{э-эпр}} = \frac{7,3 * 3 * 1,75}{0,85} = 45,09 \text{руб.}$$

$$\text{Зоб}_{\text{баз.}} = 13,89 + 50 = 63,89 \text{руб.}$$

$$\text{Зоб}_{\text{проектн.}} = 20,14 + 45,09 = 65,23 \text{руб.}$$

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

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

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

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

Величину затрат на содержание производственных площадей вычисляем на основании зависимости:

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

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

S – площадь, занятая под оборудование.

Подставив в (4.15) необходимые значения, получим:

$$P_{\text{плб}} = \frac{2000 * 20 * 6,3}{4108} = 61,34 \text{руб}$$

$$P_{\text{плпр}} = \frac{2000 * 20 * 3,78}{4108} = 36,8 \text{руб}$$

Амортизацию площади вычисляем на основании формулы:

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

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

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

Подставив в (4.16) необходимые значения, получим:

$$A_{\text{ПЛБ}} = \frac{3000 * 5 * 20 * 6,3}{4108 * 100} = 4,6 \text{руб}$$

$$A_{\text{ПЛПР}} = \frac{3000 * 5 * 20 * 3,78}{4108 * 100} = 2,76 \text{руб}$$

$$З_{\text{ПЛБаз.}} = 61,34 + 4,6 = 65,94 \text{руб.}$$

$$З_{\text{ПЛПРоектн.}} = 36,8 + 2,76 = 39,56 \text{руб.}$$

Расчётное определение величины технологической себестоимости производим на основании зависимости:

$$C_{\text{ТЕХ}} = \Phi O T + O_{\text{сс}} + З_{\text{Об}} + З_{\text{Пл}} \quad (4.17)$$

Подставив в (4.17) необходимые значения, получим:

$$C_{\text{ТЕХБаз.}} = 313,98 + 790,6 + 268,8 + 63,89 + 65,94 = 1503,21 \text{руб.}$$

$$C_{\text{ТЕХПроектн.}} = 178,28 + 474,36 + 161,28 + 65,23 + 39,56 = 918,71 \text{руб.}$$

Расчётное определение величины цеховой себестоимости производим на основании зависимости:

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

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

Подставив в (4.18) необходимые значения, получим:

$$C_{\text{ЦЕХБаз.}} = 1503,21 + 1,5 \cdot 705,9 = 1503,21 + 1058,85 = 2562,06 \text{руб.},$$

$$C_{\text{ЦЕХПроектн.}} = 918,71 + 1,5 \cdot 423,54 = 918,71 + 634,31 = 1554,02 \text{руб.}$$

Расчётное определение величины заводской себестоимости производим на основании зависимости:

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

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

Подставив в (4.19) необходимые значения, получим:

$$C_{\text{ЗАВБаз.}} = 2562,06 + 1,15 \cdot 705,9 = 2562,06 + 811,78 = 3373,84 \text{руб.},$$

$$C_{\text{ЗАВПроектн.}} = 1554,02 + 1,15 \cdot 406,08 = 1554,02 + 466,99 = 2021,01 \text{руб.}$$

4.5 Калькуляция заводской себестоимости сварки по базовому и проектному варианту технологии

Таблица 4.2 – Заводская себестоимость сварки

№ п/п	ПОКАЗАТЕЛИ	Услов. обозн.	Калькуляция., руб	
			Базовый	Проектн.
1	Материалы	М	313,98	178,28
2	Фонд заработной платы	ФЗП	779,68	454,81
3	Отчисления на соц. нужды	О _{сн}	277,56	161,91
4	Затраты на оборудование	Зоб	153,36	152,19
5	Расходы на площади	Зпл	159,04	92,32
	Себестоимость технологич.	Стех	1503,21	918,71
6	Расходы цеховые	Рцех	1044,21	609,12
	Себестоимость цеховая	Сцех	2562,06	1554,02
7	Расходы заводские	Рзав	1496,7	873,07
	Себестоимость заводская	С _{зав}	3373,84	2021,01

4.6 Определение капитальных затрат по базовому и проектному вариантам технологии сварки

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$C_{\text{ОБ.Баз.}} = 54120 - (54120 \cdot 3 \cdot 21,5 / 100) = 19212 \text{ рублей}$$

$$K_{\text{ОБЩБаз.}} = 19212 \cdot 0,89 = 17098 \text{ рублей}$$

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

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

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

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

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

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

Подставив в (4.23) необходимые значения, получим:

$$K_{\text{ОБПроектн.}} = 130680 \cdot 1,05 \cdot 0,53 = 72723 \text{ руб.}$$

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

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

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

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

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

Подставив в (4.25) необходимые значения, получим:

$$K_{\text{ДЕМ}} = 17098 \cdot 0,05 = 854 \text{ руб.}$$

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

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

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

$$K_{\text{МОНТ}} = 130680 \cdot 0,05 = 6534 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{СОП}} = 854 + 6534 = 7388 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{ОБЩПроектн.}} = 72723 + 7388 = 80111 \text{ руб.}$$

Расчётное определение величины дополнительных капитальных вложений выполняем с использованием зависимости:

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

Подставив в (4.27) необходимые значения, получим:

$$K_{\text{ДОП}} = 80111 - 17098 = 63013 \text{ руб.}$$

Расчётное определение величины удельных капитальных вложений выполняем с использованием зависимости:

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

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

Подставив в (4.28) необходимые значения, получим:

$$K_{\text{УДБаз.}} = 17098/600 = 28,5 \text{ руб./ед.}$$

$$K_{\text{УДПроектн.}} = 80111/600 = 133,51 \text{ руб./ед.}$$

4.7 Расчёт показателей экономической эффективности проектного варианта технологии

Величину показателя снижения трудоемкости определим с использованием формулы:

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

Подставив в (4.29) необходимые значения, получим:

$$\Delta t_{\text{шт}} = \frac{6,3 - 3,78}{15,12} \cdot 100\% = 40\%$$

Величину показателя повышения производительности труда определим по формуле:

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

Подставив в (4.30) необходимые значения, получим:

$$П_{\text{T}} = \frac{100 \cdot 40}{100 - 40} = 66,7\%$$

Величину показателя снижения технологической себестоимости определим по формуле:

$$\Delta C_{\text{ТЕХ}} = \frac{C_{\text{ТЕХБ}} - C_{\text{ТЕХПР}}}{C_{\text{ТЕХБ}}} \cdot 100\% \quad (4.31)$$

Подставив в (4.31) необходимые значения, получим:

$$\Delta C_{\text{ТЕХ}} = \frac{1503,21 - 918,71}{1503,21} \cdot 100\% = 38,9\%$$

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

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

Подставив в (4.32) необходимые значения, получим:

$$Э_{\text{у.г.}} = (3373,84 - 2021,01) \cdot 600 = 811698 \text{ руб.}$$

Величину срока окупаемости дополнительных капитальных вложений определим по формуле:

$$T_{\text{ок}} = \frac{K_{\text{доп}}}{\text{Э}_{\text{уг}}} \quad (4.33)$$

Подставив в (4.33) необходимые значения, получим:

$$T_{\text{ок}} = \frac{63013}{811698} = 0,5 \text{года}$$

Размер годового экономического эффекта в сфере производства определим по формуле:

$$\text{Эг} = \text{Э}_{\text{уг}} - \text{Ен} \cdot K_{\text{доп}} \quad (4.34)$$

Подставив в (4.34) необходимые значения, получим:

$$\text{Эг} = 811698 - 0,33 \cdot 63013 = 790903 \text{ руб.}$$

4.8 Выводы по экономическому разделу

В разделе Оценка экономической эффективности бакалаврской работы были произведены расчеты с целью определения таких экономических параметров, базового и проектного вариантов, как себестоимость сварки технологическая и заводская.

Установлено, что проектный вариант сварки после своего внедрения в производство даст такие эффекты, как уменьшение трудоемкости на 40 %, увеличение производительности труда на 66,7 %, что уменьшило технологическую себестоимость на 38,9%. Расчётная величина условно-годовой экономии составила 811698 рублей.

Величина годового экономического эффекта, полученная с учетом затрат на капитальные вложения в оборудование, составила 790903 рублей. Капитальные вложения в оборудование размером 63013 рублей будут окуплены за 0,5 года.

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

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Поставленная в выпускной квалификационной работе цель - повышение качества работ на монтаже технологических трубопроводов нефтебаз за счёт внедрения современных способов управления массопереносом при сварке.

При выполнении базовой технологии сварки для строительства трубопровода предусматривается ручная дуговая сварка штучными электродами, что приводит к получению значительного числа дефектов и дополнительным затратам времени на их устранение. В проектом варианте технологии предложено произвести замену ручной дуговой сварки на полуавтоматическую сварку проволокой сплошного сечения в среде CO_2 с импульсным управлением сварочной дугой. Применение предложенных технологических решений позволит получить некоторое снижение трудоемкости сварки и повышение стабильности качества выполняемых сварных соединений. Был выбран заменяющий способ сварки – механизированная сварка в углекислом газе.

Разработана проектная технология сборки и сварки стыка трубопровода

В ходе выполнения экологического раздела было произведено выявление опасных и вредных производственных факторов, появление которых возможно при внедрении проектной технологии в производство. Проведён анализ возможности и мер по устранению и уменьшению опасных и вредных производственных факторов.

Внедрение проектной технологии сварки в производство приводит к уменьшению трудоемкости на 40 %, повышению производительности труда на 66,7 %, снижению технологической себестоимости на 38,9%. Расчётная условно-годовая экономия составляет 811698 руб.

На основании этого можно признать достижение поставленной цели.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1) Управление процессом дуговой сварки путем программирования скорости подачи электродной проволоки / Б.Е. Патон, Н.М. Воропай, В.Н. Бучинский и др. // Автоматическая сварка. -1977. - № 1. - С. 1-5, 15.
- 2) 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.
- 3) Патон Б. Е., Шейко П. П., Пашуля М. П. Автоматическое управление переносом металла при импульсно-дуговой сварке // Автоматическая сварка. -1971. - № 9. - С. 1-3.
- 4) Ищенко Ю. С., Тушева Н. В. Модель расчета перехода капли в ванну при коротком замыкании // Вопросы атомной науки и техники. Сер.: Ядерная техника и технология. - 1990, Вып. 5. - С. 8-14.
- 5) Тарасов Н. М., Тулин В. М. Управление переносом электродного металла кратковременным повышением скорости истечения защитного газа // Сварочное производство. – 1982. - № 8. - С. 23-25.
- 6) Любавский, К.В., Сварка плавящимся электродом в атмосфере защитных газов / К.В. Любавский, Н.М. Новожилов // Автогенное дело. – 1953. – № 1. – С. 4–8.
- 7) Новожилов, Н.М., Разработка электродных проволок для сварки малоуглеродистых и низколегированных сталей в углекислом газе / Н.М. Новожилов, А.М. Соколова // Сварочное производство. – 1958. – № 7. – С. 10–14.
- 8) Патон, Б.Е. Импульсно-дуговая сварка плавящимся электродом с программным регулированием процесса / Б.Е. Патон, А.Г. Потапьевский, И.В. Подола // Автоматическая сварка. – 1964. – № 1. – С. 1–6.

- 9) Патон, Б.Е. Управление плавлением и переносом электродного металла при сварке в углекислом газе / Б.Е. Патон, А.В. Лебедев // Автоматическая сварка. – 1988. – № 11. – С. 1–5.
- 10) А. с. 448106 СССР, В 23 к 35/38. Защитная газовая смесь / Б.Е. Патон, А.В. Кирсанов, В.В. Подгаецкий и др. – Приор. 26.06.72. Опубл. 30.10.74; Бюл. № 40.
- 11) Свещинский, В.Г. Сварка сталей в защитных газовых смесях на основе аргона в промышленности Украины / В.Г. Свещинский, С.Т. Римский, В.И. Галинич // Автоматическая сварка. – 1994. – № 4. – С. 41–44.
- 12) Свещинский, В.Г. Оценка вязкости разрушения швов, сваренных в защитных газах и под флюсом / В.Г. Свещинский, С.Т. Римский, В.И. Кирьян // Автоматическая сварка. – 1982. – № 8. – С. 16–19.
- 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) Salter G. R., Dye S. A. Selecting gas mixtures for MIG welding // Metal Constr. and Brit. Weld. J. – 1971. – 3, № 6. – P. 230–233.
- 17) Cresswell R. A. Gases and gas mixtures in MIG and TIG welding // Welding and Metal Fabrication. – 1972. – 40, № 4. – P. 114–119.
- 18) Косииси Ф. Перспективные сварочные материалы // Журнал японского сварочного общества. – 2007. – 76, № 1. – С. 61–64.
- 19) Stenbacka N., Persson K.-A. Shielding gases for gas metal arc welding // Welding Journal. – 1989. – № 11. – P. 41–47.
- 20) Головатюк, А.П. Интенсивность образования аэрозолей при ручной сварке модулированным током / А.П. Головатюк, В.С. Сидорук, О.Г. Левченко и др. // Автоматическая сварка. – 1985. – № 2. – С. 39–40.

- 21) Левченко, О.Г. Образование аэрозолей при сварке в CO₂ модулированным током // Автоматическая сварка. – 2000.– № 8. – С. 48–50.
- 22) Harvey R. Castner. Gas metal arc welding using pulsed fume generation current. WELDING RESEARCH SUPPLEMENT. – February, 1995. – P. 59–68.
- 23) Winifred G. Palmer, James C. Eaton. Effects of welding on health, XIII // American Welding Society. – 2007. – International Standard Book Number: 978-0-87171-067-3.
- 24) James M. Antonini. Health effects of welding // Critical reviews in toxicology. – 2003. – 33(1). – P. 61–103.
- 25) Горина, Л. Н. Обеспечение безопасных условий труда на производстве: учебное пособие / Л. Н. Горина. – Тольятти: ТолПИ, 2000. – 68 с.
- 26) Белов, С. В. Охрана окружающей среды / С. В. Белов. – М.: Машиностроение, 1990. – 372с.
- 27) Брауде, М. З. Охрана труда при сварке в машиностроении / М. З. Брауде, Е. И. Воронцова, С. Я. Ландо. – М.: Машиностроение, 1978. – 144 с.
- 28) Манойлов, В. Е. Основы электробезопасности / В. Е. Манойлов. – Л.: Энергоатомиздат, Ленинградское отделение, 1991. – 480 с.
- 29) Краснопевцева, И. В. Экономическая часть дипломного проекта: метод. указания / И. В. Краснопевцева – Тольятти: ТГУ, 2008. – 38 с.
- 30) Кудинова, Г. Э. Организация производства и менеджмент: метод. указания к выполнению курсовой работы. / Г. Э. Кудинова. – Тольятти: ТГУ, 2005. – 35 с.
- 31) Егоров, А. Г. Правила оформления выпускных квалификационных работ по программам подготовки бакалавра и специалиста: учебно-методическое пособие / А. Г. Егоров, В. Г. Виткалов, Г. Н. Уполовникова, И. А. Живоглядова – Тольятти, 2012. – 135 с.