

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт Электронного образования
Направление подготовки Оборудование и технология сварочного производства
Кафедра Оборудование и технология сварочного производства

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Технология ремонта магистрального нефтепровода

УДК 622.692.4.004-7

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-1В22	Ужаченко В.Э.		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Хайдарова А.А.	к.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Баннова К.А.	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Сопруненко Э.Е.			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Киселев А.С.	к.т.н.		

Томск – 2017 г.

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт дистанционного образования
 Направление подготовки (специальность) оборудования и технология сварочного производства
 Кафедра оборудования и технология сварочного производства

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой ОТСП

 (Подпись) (Дата) Киселев А.С.
 (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврская работа

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
3-1В22	Ужаченко В.Э.

Тема работы:

Технология ремонта магистрального нефтепровода	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	

Срок сдачи студентом выполненной работы:	05.06.2017
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Трубопровод диаметром 530 мм и толщиной стенки 12 мм, при изготовлении используется механизированная сварка в среде защитных газов методом STT и Innershield.</p>
<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1 Описание сварной конструкции 2 Материал сварной конструкции 3 Технологическая свариваемость металла сварной конструкции 4 Анализ существующих способов сварки 5 Обоснование выбора сварочных материалов 6 Расчет режимов сварки

<i>работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i>	7 Выбор сварочного оборудования 8 Технология сборки и сварки неповоротного стыка трубопровода 9 Технический контроль качества и исправления брака
Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	Комплект технологической документации на сборки и сварку участка магистрального трубопровода
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Баннова К. А.
Социальная ответственность	Сопруненко Э. Е.

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	10.03.2017
---	------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Хайдарова А.А.	к.т.н		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-1В22	Ужаченко В.Э.		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
3-1В22	Ужаченко В.Э

Институт		Кафедра	
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	Машиностроение

Тема выпускной квалификационной работы: Технология ремонта магистрального нефтепровода

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:	
1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Стоимость применяемого оборудования для проведения сварочных работ, тарифные ставки рабочих, стоимость электроэнергии</i>
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	<i>В соответствии с ГОСТ 14.322-83 «Нормирование расхода материалов» и ГОСТ Р 51541-99 «Энергосбережение. Энергетическая эффективность»</i>
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	<i>Отчисления по страховым взносам – 30% от ФОТ</i>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	<i>Обосновать выбор приобретаемого оборудования и материалов</i>
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	<i>Привести затраты на приобретение оборудования и материалов</i>
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	<i>Рассчитать трудозатраты, энергозатраты, затраты на материалы, эксплуатацию оборудования</i>
Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Оценка конкурентоспособности технических решений 2. Матрица SWOT 3. Альтернативы проведения НИ 4. График проведения и бюджет НИ 5. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ 	

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
---	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Баннова К.А.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-1В22	Ужаченко В.Э.		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
3-1В22	Ужаченко В.Э.

Институт	Электронного обучения	Кафедра	Оборудования и технологии сварочного производства
Уровень образования	бакалавр	Направление/специальность	15.03.01. «Машиностроение»

Тема выпускной квалификационной работы: Технология ремонта магистрального нефтепровода.

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

Целью данного раздела – выявление и предупреждение всех возможных опасных и вредных для здоровья человека факторов, которые могут возникнуть при работе на сварочном производстве

Анализ сварочного производства:

- а) приводится перечень всех используемых в работе газов, их агрегатное состояние, класс опасности (токсичности), механизм воздействия их на организм человека; приводится перечень средств коллективной и индивидуальной защиты персонала, а также защиты окружающей среды;
- приводятся правила охраны труда и техники безопасности
- б) приводятся данные по оптимальным и допустимым значениям микроклимата на рабочем месте, перечисляются методы обеспечения этих значений;
- в) приводятся данные по реальным значениям шума на рабочем месте, перечисляются мероприятия по защите персонала от шума, при этом приводятся значения ПДУ, средства коллективной защиты, СИЗ;
- приводятся правила обращения с баллонами для сжатых и сжиженных газов.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой произведённой среды в следующей последовательности

- а) приводятся данные по значениям напряжения используемого оборудования, классификация помещения по электробезопасности, допустимые безопасные для человека значения напряжения, тока и заземления (в т.ч. статическое электричество, молниезащита - источники, средства защиты); перечисляются СКЗ и СИЗ;
- б) приводится классификация пожароопасности помещений, указывается класс пожароопасности вашего помещения, перечисляются средства пожарообнаружения и принцип их работы, средства пожаротушения, принцип работы, назначение (какие пожары можно тушить, какие – нет), маркировка;

пожаро-взрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия).
2. Охрана окружающей среды: организация безотходного производства (приводится перечень отходов, перечисляются методы улавливания, переработки, хранения и утилизации образовавшихся на вашем производстве промышленных отходов).
3. Защита в чрезвычайных ситуациях: – приводятся возможные для Сибири ЧС; Возможные ЧС: морозы, диверсия – разрабатываются превентивные меры по предупреждению ЧС; – разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС; разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: – специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства (приводится перечень ГОСТов, СНиПов и др. законодательных документов, использованных в своей работе);
Перечень графического материала: Отсутствует

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
--	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Сопруненко Э.Е.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-1В22	Ужаченко В.Э.		

Реферат

Выпускная квалификационная работа 111 с., 9 рис., 38 табл., 37 источников, 11 листов демонстрационного материала (слайдов).

Ключевые слова: трубопровод, импульсная сварка, пинч-эффект, базовый ток, сварочная проволока, пиковый ток, длительность импульса, управляемый перенос металла.

Объектом исследования является технология сборки и сварки трубопроводов 530x12 с применением механизированной сварки методом STT и Innershield.

Предметом исследования является форма зауженной разделки.

Целью работы является разработка технологии сборки и сварки неповоротного стыка трубопровода в зауженную разделку кромок.

Полученные результаты и их новизна – установлено, что применение зауженной разделки обеспечивает качественное формирование шва.

Выпускная квалификационная работа инженера выполнена в текстовом редакторе Microsoft Word 2016 и графическом редакторе “КОМПАС-3D V16” и представлена на диске CD-RW (в конверте на обороте обложки).

Abstract

Graduation qualification work 111 p., 9 figure, 38 table, 37 sources, 11 sheets of demonstration material (slides).

Key words: pipeline, impulse welding, pinch effect, base current, welding wire, peak current, pulse duration, controlled metal transfer.

The object of the study is the technology of assembling and welding of 530x12 pipelines with the use of mechanized welding by the STT method and Innershield.

The subject of the study is the form of a narrowed cutting.

The aim of this project is to develop a form of narrowed cutting, replace the old edge preparation technology before welding and introduce a new wire into the welding process.

The obtained results and their novelty - it is established that the use of both the import-substituting Ekaterina wire and the narrowed cutting provides qualitative formation of the seam.

Graduation qualification work of the engineer is carried out in the text editor Microsoft Word 2016 and the graphic editor "KOMPAS-3D V16" and is presented on the CD-RW (in the envelope on the back cover).

Содержание

	С.
Введение	12
1 Общая часть	13
1.1 Описание сварной конструкции	13
1.2 Материал сварной конструкции	17
1.3 Технологическая свариваемость металла сварной конструкции	19
2 Анализ существующих способов сварки	22
2.1 Сварка в защитном газе плавящимся электродом	22
2.1.1 Характеристика сварки в защитном газе плавящимся электродом	23
2.1.2 Достоинства и недостатки	24
2.2 Сварка порошковой проволокой	25
2.2.1 Функции флюса сердечника порошковой проволоки	26
2.2.2 Достоинства и недостатки	28
3 Обоснование выбора сварочных материалов	30
3.1 Для сварки в углекислом газе	30
3.2 Для сварки порошковой проволокой	31
4 Расчет режимов сварки	33
4.1 Расчёт режимов сварки в углекислом газе	34
4.2 Расчет режимов сварки порошковой проволокой	38
5 Выбор сварочного оборудования	39
5.1 Для механизированной сварки в среде углекислого газа	39
5.2 Для сварки порошковой проволокой	43
6 Технология сборки и сварки неповоротного стыка трубопровода	44
6.1 Заготовительные операции	44
6.2 Технологический процесс сборки и сварки	47
6.3 Дефекты, возникающие при сварке трубопровода	48
7 Технический контроль качества и исправления брака	52

7.1 Визуальный и измерительный контроль	52
7.2 Ультразвуковая и радиографическая дефектоскопия	53
7.3 Исправление дефектов в сварных соединениях	58
8 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	60
8.1 Предпроектный анализ	60
8.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования	60
8.1.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	61
8.1.3 FAST – анализ	62
8.1.4 SWOT-анализ	65
8.1.5 Оценка готовности проекта к коммерциализации	68
8.2 Инициация проекта	70
8.3 Планирование управления проектом	73
8.3.1 План проекта	73
8.3.2 Определение трудоемкости выполнения работ	74
8.3.3 Бюджет научного исследования	77
8.3.4 Расчет материальных затрат НИИ	77
8.3.4.1 Расчет затрат на основную заработную плату	78
8.3.4.2 Расчет затрат на электроэнергию	80
8.3.4.3 Расчет затрат на специальное оборудование для научных работ	80
8.3.4.4 Расчет накладных расходов	82
8.3.4.5 Смета затрат на разработку проекта	82
8.4 Определение ресурсной финансовой и бюджетной эффективности исследования	83
8.4.1 Оценка сравнительной эффективности проекта	83
9 Социальная ответственность	86
9.1 Анализ сварочного производства	86
9.1.1 Производственный шум	87
9.1.2 Освещение	88

9.1.3 Ультрафиолетовое излучение	89
9.1.3 Электробезопасность	91
9.1.4 Расчёт защитного заземления	92
9.1.5 Противопожарная безопасность	94
9.1.6 Вредные вещества в воздухе рабочей зоны	95
9.1.7 Средства индивидуальной защиты	96
9.2 Охрана окружающей среды	100
9.3 Чрезвычайные ситуации	102
9.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	103
Заключение	106
Список использованных источников	108

Диск CD-R

В конверте на
обороте обложки

ФЮРА.200000.009 Презентация.

Файл Презентация Ужаченко.ppt в формате PowerPoint 2016

ФЮРА. 200000.009 Пояснительная записка.

Файл Диплом Ужаченко.docx в формате Word 2016

ФЮРА. 200000.009 Комплект технологической документации.

Файл КД.cdw в формате КОМПАС 3D

Графический материал:

Введение

В настоящее время разрабатывается и строится много новых магистральных и промысловых трубопроводов, а также постоянно производится ремонт старых нефтепроводов. Для этого используются различные способы сварки, такие как ручная дуговая покрытыми электродами, автоматическая и полуавтоматическая сварка в среде защитных газов.

Наибольшую трудность в получении качественного соединения представляет сварка неповоротных стыков труб. Главная проблема сварки неповоротных стыков труб заключается в том, что при сварке постоянно изменяется пространственное положение сварочной ванны от нижнего до потолочного положения. На сварочную ванну в каждом пространственном положении действует различный комплекс сил. Это осложняет задачу формирования корневого и последующих слоев шва в связи с возникновением прожогов, наплывов и других дефектов сварного соединения, переноса металла с электрода в сварочную ванну.

Некоторые исследования показали [1], что для облегчения формирования сварочной ванны при сварке неповоротного стыка трубопровода целесообразно применить заузенную разделку кромок вместо традиционной разделки С17 по ГОСТ 16037-80.

Поэтому в выпускной предлагается изменить технологический процесс сборки и сварки неповоротного стыка трубопровода с использованием заузенной разделки кромок.

Целью работы является разработка технологии сборки и сварки неповоротного стыка трубопровода в заузенную разделку кромок.

1 Общая часть

1.1 Описание сварной конструкции

Трубопроводы подразделяются на промысловые и магистральные. По магистральным трубопроводам транспортируются весь добываемый природный газ и почти вся нефть, а также большая часть продуктов нефтепереработки от мест переработки к местам потребления. По промысловым трубопроводам транспортируется продукт от места добычи к месту переработки.

По назначению нефтепроводы можно разделить на следующие три группы:

- промысловые — трубопроводы, которые соединяют скважины с различными технологическими объектами и установками подготовки нефти на местах добычи;

- магистральные — трубопроводы, служащие для транспорта товарной нефти из районов добычи, производства или хранения к потребителям. Магистральный нефтепровод обладает высокой пропускной способностью, большой протяженностью, большим диаметром от 219 до 1400 мм и высоким давлением от 1,2 до 10 МПа;

- технологические — трубопроводы, которые предназначены для транспорта разных технологических жидкостей, обеспечивающих работу технологического оборудования, в пределах предприятия.

Магистральным нефтепроводом принято называть инженерно-техническое сооружение, состоящие из подземных, подводных, наземных и надземных трубопроводов и связанных с ними НПС, хранилищ нефти и других технологических объектов, обеспечивающих транспортировку, приемку, сдачу нефти потребителям или перевалку нефти на другой вид транспорта.

В состав магистральных нефтепроводов входят линейные сооружения, головные и промежуточные нефтеперекачивающие станции, пункты налива нефти и резервуарные парки [2]. Линейные сооружения согласно СНиП 2.05.06 – 85 включают в себя, собственно, сам магистральный нефтепровод, который имеет ответвления и лупинги, запорную арматуру, переходы через естественные и искусственные препятствия, узлы подключения НПС, узлы пуска и приема очистных устройств, установки ЭХЗ, линии и объекты для технологической связи, средства телемеханики, ЛЭП для обеспечения электроснабжения объектов трубопровода, средства для защиты от пожаров, противоэрозийные сооружения для защиты трубопровода от размывов и оползней, земляные амбары для аварийного сброса нефти, здания и сооружения линейной аварийно-эксплуатационной службы, вдольтрассовые дороги, вертолетные площадки, подъездные пути, опознавательные и предупреждающие знаки, пункты подогрева нефти.

Подземная схема прокладки является наиболее распространенной (около 98% общего объема сооружаемой линейной части). При этой схеме отметка верхней образующей трубы располагается ниже отметки дневной поверхности грунта. Глубина заложения трубопроводов (от верха трубы) зависит от диаметра, от особых геологических условий, например, для поддержания определенной температуры нефти, рельефа и характеристики грунтов местности и должна быть не менее (в м): 0,8 при $D_y < 1000$ мм; 1,0 при $D_y \geq 1000$ мм.

Магистральные нефтепроводы в зависимости от диаметра делят на четыре класса: I класс – с D_y 1000-1220 мм, II класс – с D_y 500-1000 мм, III класс – D_y 300-500мм, IV класс $D_y < 300$ мм. Толщина стенок труб определяется проектным давлением в трубопроводе. Трубопровод, прокладываемый по районам с вечномерзлыми грунтами или через болота, можно укладывать на опоры или в искусственные насыпи [2].

При пересечении нефтепроводом крупных рек, закрепление его на дне реки осуществляется с помощью специальных железобетонных грузов – утяжелителей или специальными анкерами, либо прокладка осуществляется ниже уровня дна реки. Для обеспечения безопасности, помимо основной нитки, сооружается резервная нитка через переход аналогичного диаметра. На пересечениях железных и крупных шоссейных дорог трубопровод проходит в патроне из труб, диаметр которых на 100 - 200 мм больше диаметра трубопровода.

Запорная арматура на линейной части устанавливается с интервалом 10 - 30 км в зависимости от рельефа трассы для обеспечения перекрытия участков в случае возникновения аварии или проведения ремонта.

Вдоль трассы проходят линии связи, имеющие диспетчерское назначение. Они могут использоваться для передачи сигналов телеметрии, для контроля за процессом перекачки. Станции катодной и дренажной защиты, протекторы, расположенные по длине трассы, являются дополнением к изоляционному покрытию для обеспечения защиты от коррозии.

Промежуточные НПС сооружают с целью обеспечения дальнейшего процесса перекачки, так как часть энергии потока нефти тратится на преодоление сил трения. Их размещают по трассе через каждые 50 – 200 км, в соответствии с гидравлическим расчетом. Перекачивающие станции оборудуются, в основном, центробежными насосами с приводами от электродвигателей. Подача современных магистральных насосов может достигать до 12500 м³/ч. В начале нефтепровода располагается головная нефтеперекачивающая станция (ГНПС), она находится недалеко от нефтяного промысла. Основным отличием ГНПС от промежуточных НПС является то, что она имеет резервуарный парк, объем которого равен трехсуточной пропускной способности нефтепровода. Помимо основных

сооружений, на насосных станциях имеются комплексы вспомогательных объектов, к ним относятся трансформаторы, котельные, системы водоснабжения, канализации и другие.

Нефтепроводы большой протяженности разбивают на эксплуатационные участки для обеспечения независимой работы насосного оборудования на этих участках. Протяженность участков может составлять от 100 км до 300 км.

Конечным пунктом нефтепровода может быть нефтеперерабатывающий завод, перевалочная база для перевалки на другой вид транспорта, морской нефтеналивной терминал для отгрузки нефти в танкеры и экспорта ее за границу.

Для сооружения и капитального ремонта линейной части магистральных нефтепроводов могут быть использованы сварные прямошовные и спирально-шовные трубы, изготовленные из низкоуглеродистых или низколегированных сталей [3].

Трубы поставляются в соответствии с государственными стандартами или по техническим условиям, которые утверждают в установленном порядке. Данный порядок определен в инструкции по применению стальных труб в газовой и нефтяной промышленности (Р 51-31323949-58-2000). Современные трубы в России в основном производят на Волжском трубном заводе и Челябинском трубопрокатном заводе. Каждая труба или партия труб должна иметь сертификат завода. В этом сертификате указываются регламентирующие стандарты или технические условия приемосдаточных характеристик.

Овальность концов труб (отношение разности между наибольшим и наименьшим диаметром к номинальному диаметру) не должна превышать 1 % от номинального диаметра для труб с толщиной стенки менее 20 мм [4].

Допускается кривизна труб до 1,5 мм на любом ее участке длиной до одного метра. Суммарная кривизна трубы должна быть не выше 0,2 % от длины всей трубы. Концы труб обрезаются под прямым углом. Отклонение от перпендикулярности среза должно быть в пределах 1,6 мм.

В металле труб не допускаются трещины, плены, рванины и закаты, а также расслоения, превышающие пределы, которые установлены нормативными документами на их поставку. Не допускается расслоения, выходящие на торцы труб.

Трубы, сваренные в непрерывную нитку, являются основным элементом магистрального нефтепровода. Сварная конструкция представляет собой две трубы, сваренных между собой как представлено на рисунке 1.

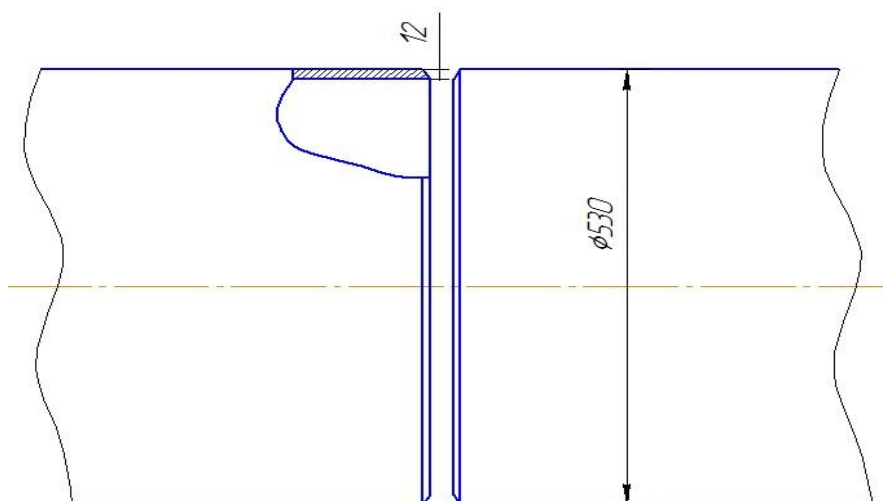


Рисунок 1 – Схема стыка магистрального нефтепровода

1.2 Материал сварной конструкции

Для изготовления труб, работающих при различных температурах, используется низколегированная конструкционная сталь 14ХГС. Сталь 14ХГС обладает гарантированными механическими характеристиками и химическим составом, высокой сопротивляемостью хрупкому разрушению при низких температурах и повышенной коррозионной стойкости. Применение: электросварные трубы магистральных трубопроводов высокого

давления; сварные конструкции, листовые, клапанные конструктивные детали.

Легированными называются стали, содержащие специально введенные элементы. Марганец – легирующий компонент при его содержании в стали более 0,7 % по нижнему пределу, а кремний более 0,4 %. Углеродистые стали с повышенным содержанием марганца относят низколегированным конструкционным сталям. Легирующие элементы, которые вводят в сталь, изменяют ее свойства, вступая во взаимодействие с железом и углеродом., что приводит к повышению механических свойств стали.

Сталь 14ХГС низколегированная конструкционная хромкремнемарганцового типа. Микроструктура феррито-перлитная. Наличие марганца в стали 14ХГС повышает ударную вязкость, способствует уменьшению содержания кислорода в стали, обеспечивая удовлетворительную свариваемость. Кремний вводится как раскислитель и упрочняющий элемент. Хром вводится для повышенной коррозионной стойкости. По сравнению с другими низколегированными сталями из данной стали получают сварные соединения с более высокой прочностью при переменных и ударных нагрузках.

При производстве сварных конструкций широко используют конструкционные стали, с низким содержанием углерода и легирующих элементов. Общее содержание легирующих элементов в таких сталях обычно не превышает 4,0 %, а углерода 0,25 %. Химический состав стали 14ХГС, приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Химический состав стали 14ХГС, % по ГОСТ 19281-89

C, %	Si, %	Mn, %	Ni, %	Cr, %	Cu, %	S, %	P, %
0,11-0,16	0,4-0,7	0,9-1,3	до 0,3	0,5-0,8	до 0,3	до 0,04	до 0,035

Качество и свойства материалов должны удовлетворять требованиям соответствующих стандартов и технических условий и подтверждаться

сертификатами поставщиков. При отсутствии или неполноте сертификата или маркировки изготовитель труб должен провести все необходимые испытания с оформлением их результатов протоколом, дополняющим или заменяющим сертификат поставщика материала.

В сертификате должен быть указан режим термообработки полуфабриката на предприятии-изготовителе.

Механические характеристики стали, приведены в таблице 2, где:

- σ_T – предел текучести;
- σ_B – временное сопротивление разрыву;
- δ_5 – относительное удлинение при разрыве;
- КСУ – ударная вязкость.

Таблица 2 – Механические свойства стали 14ХГС при температуре 20 °С [4]

σ_B , МПа	σ_T , МПа для толщин до 20 мм	δ_5 , % для толщин до 20 мм	КСУ, кДж/м ²
490	345	22	340-390

Данная сталь содержит пониженное количество серы и фосфора, применяется при изготовлении сварных конструкций в большом объеме в состоянии поставки, после термической обработки (нормализации). Ведутся работы по термическому упрочнению этих сталей (закалка с отпуском).

1.3 Технологическая свариваемость металла сварной конструкции

Свариваемость - свойство металла или сочетания металлов образовывать при установленной технологии сварки соединения, отвечающие требованиям, обусловленным конструкцией или эксплуатацией изделия.

Свариваемость металла зависит от его химических и физических свойств, кристаллической решетки, степени легирования, наличия примесей и других факторов.

Сварное соединение должно быть достаточно прочным для обеспечения надежности конструкции, поэтому технология сварки должна обеспечивать максимальную производительность и экономичность процесса сварки.

Для получения нормальной работоспособности сварных соединений свариваемость необходимо оценивать исходя из следующих положений:

- получение сварного бездефектного соединения, а особенно без холодных и горячих трещин;
- получение микроструктуры, прочности и вязкости сварного соединения, обеспечивающих надежность в эксплуатации в заданных температурных условиях;
- необходимость принятия специальных технологических мер при сварке (подогрев, регулирование погонной энергии и др.);
- необходимость проведения термообработки.

Примерным показателем свариваемости стали для известного химического состава является эквивалентное содержание углерода. В зависимости от эквивалентного содержания углерода стали по свариваемости делят на четыре группы: хорошо, удовлетворительно, ограниченно и плохо сваривающиеся стали.

Воспользуемся методикой определения полного эквивалента углерода для нахождения необходимого подогрева [5]:

$$\sum C_{\text{э}} = C_{\text{э}} + C_{\text{p}}, \quad (1)$$

где $C_{\text{э}}$ - химический эквивалент углерода,

C_{p} - размерный эквивалент углерода.

Эквивалентное содержание углерода, определяется по формуле (2):

$$C_{\text{э}} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr}{5} + \frac{Ni}{15} + \frac{Cu}{13} + \frac{P}{2}, \quad (2)$$

где C, Mn, Cr, Ni, Cu, P – процентное содержание легирующих элементов в металле шва.

$$C_э = 0,13 + \frac{1,1}{6} + \frac{0,65}{5} + \frac{0,3}{15} + \frac{0,3}{13} + \frac{0,035}{2} = 0,5 \%$$

Определим размерный эквивалент углерода:

$$C_p = 0,005 \cdot \delta \cdot C_э, \quad (3)$$

где δ – толщина свариваемой стали, мм.

$$C_p = 0,005 \cdot 12 \cdot 0,5 = 0,015.$$

Находим полный эквивалент углерода:

$$\Sigma C_э = 0,5 + 0,015 = 0,515.$$

Полный эквивалент углерода $C_э > 0,45$, следовательно, данная сталь относится к IV группе свариваемости, значит сварка должна проводиться с предварительным или сопутствующим подогревом и термообработкой по окончании сварки.

Необходимая для подогрева температура определяется следующим образом:

$$T_{II} = 350 \cdot \sqrt{\Sigma C_э - 0,25} = 350 \cdot \sqrt{0,515 - 0,25} = 180 \text{ }^\circ\text{C}. \quad (4)$$

Стали с содержанием до 0,2 % C имеют высокую критическую скорость охлаждения при закалке, поэтому после сварки в наплавленном металле и зоне термического влияния не образуются структуры подкалки. Низкоуглеродистые низколегированные стали свариваются практически любыми способами сварки.

2 Анализ существующих способов сварки

2.1 Сварка в защитном газе плавящимся электродом

Механизированная дуговая сварка плавящимся электродом в среде защитного газа - это разновидность электрической дуговой сварки, при которой электродная проволока подается автоматически с постоянной скоростью, а сварочная горелка перемещается вдоль шва вручную. При этом дуга, вылет электродной проволоки, ванна расплавленного металла и ее застывающая часть защищены от воздействия окружающего воздуха защитным газом, подаваемым в зону сварки.

Главными компонентами этого процесса сварки являются:

- источник питания, который обеспечивает дугу электрической энергией;
- подающий механизм, который подает в дугу с постоянной скоростью электродную проволоку, которая плавится теплом дуги;
- защитный газ.

Дуга горит между изделием и плавящейся электродной проволокой, которая непрерывно поступает в дугу и которая служит присадочным металлом. Дуга расплавляет кромки деталей и проволоку, металл которой переходит на изделие в образующуюся сварочную ванну, где металл электродной проволоки перемешивается с металлом изделия (то есть основным металлом). По мере перемещения дуги расплавленный (жидкий) металл сварочной ванны затвердевает (то есть кристаллизуется), образуя сварной шов, соединяющий кромки деталей. Сварка выполняется постоянным током обратной полярности, когда плюсовая клемма источника питания подключается к горелке, а минусовая – к изделию. Иногда применяется и прямая полярность тока сварки.

В качестве источника питания используются сварочные выпрямители, которые должны иметь жесткую или пологопадающую внешнюю вольт-амперную характеристику. Такая характеристика обеспечивает

автоматическое восстановление заданной длины дуги при ее нарушениях, например, из-за колебаний руки сварщика (это, так называемое саморегулирование длины дуги). Более подробно источники питания для сварки МИГ/МАГ изложены в статье [6].

В качестве плавящегося электрода может применяться электродная проволока сплошного сечения и трубчатого сечения. Проволока трубчатого сечения заполнена внутри порошком из легирующих, шлако- и газообразующих веществ. Такая проволока называется порошковой, а процесс сварки, при котором она используется, сварка порошковой проволокой.

Имеется довольно широкий выбор сварочных электродных проволок для сварки в защитных газах, отличающихся по химическому составу и диаметру. Выбор химического состава электродной проволоки зависит от материала изделия и, в некоторой степени, от типа применяемого защитного газа. Химический состав электродной проволоки должен быть близким к химическому составу основного металла. Диаметр электродной проволоки зависит от толщины основного металла, типа сварного соединения и положения сварки.

2.1.1 Характеристика сварки в защитном газе плавящимся электродом

Широкое распространение в промышленности получила сварка в защитных газах. Этот способ позволяет вручную, полуавтоматически или автоматически в различных пространственных положениях соединять разнообразные металлы и сплавы самой различной толщины.

В зону дуги в процессе сварки, через сопло, непрерывно подается защитный газ и сварочная проволока. Теплотой дуги расплавляется электродная проволока и основной металл. Расплавленный металл в сварочной ванне при охлаждении кристаллизуется и образует шов.

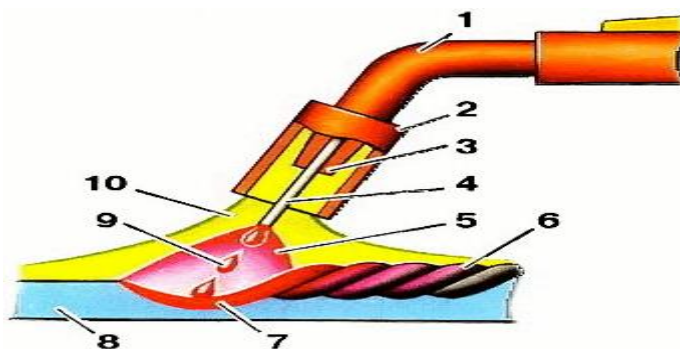


Рисунок 2 – Схема механизированной сварки в защитном газе плавящимся электродом

1 – горелка; 2 – сопло; 3 – токопроводящий наконечник; 4 – электродная проволока; 5 – сварочная дуга; 6 – сварочный шов; 7 – сварочная ванна; 8 – основной металл; 9 – капли электродного металла; 10 – газовая защита.

Шов образуется за счет расплавления кромок основного металла и дополнительно вводимого присадочного металла.

В качестве защитных газов применяют инертные газы (аргон и гелий) и активные газы (углекислый газ, водород, кислород, и азот) газы, а также смеси газов в различных пропорциях.

Благодаря широкому диапазону применяемых защитных газов, которые имеют различные теплофизические свойства, технологические возможности этого способа, как в отношении свариваемых металлов, так и их толщин больше, чем при использовании других способов. Причиной этого является то, что теплофизические свойства защитных газов оказывают большое влияние на технологические свойства дуги и форму швов.

2.1.2 Достоинства и недостатки

Преимущества сварки в защитных газах по сравнению с другими видами сварки следующие:

- высокая производительность;
- высокая проплавливающая способность;

- значительный спектр свариваемых материалов;
- сварка во всех пространственных положениях;
- отсутствие на поверхности ванны шлака;
- легкая техника сварки.

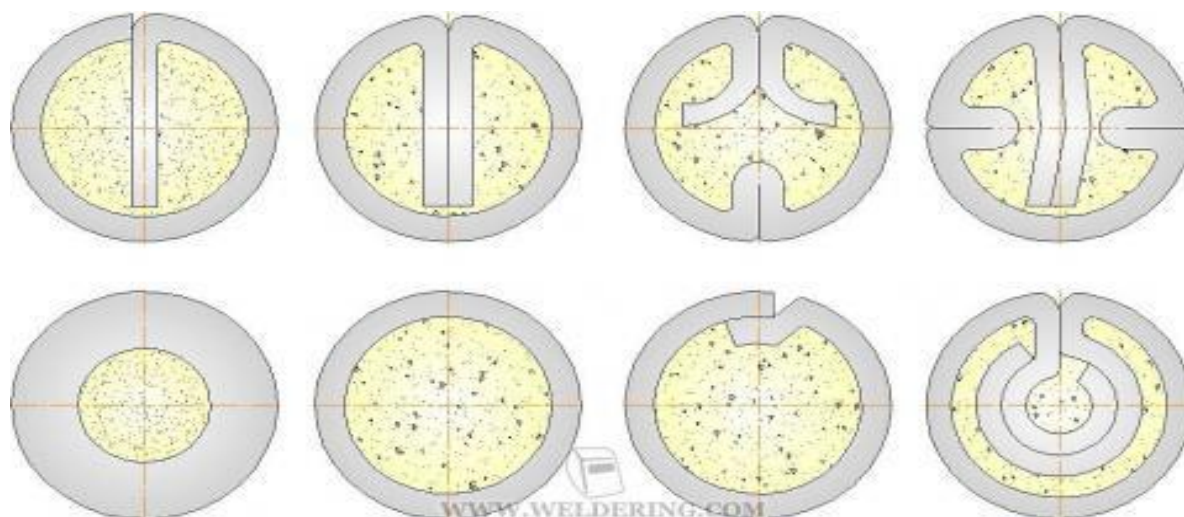
К недостаткам способа относится:

- более сложное сварочное оборудование;
- невозможность использования данного метода в условиях монтажа из-за сквозняка, ветра, дождя;
- при определенных режимах сварки возникают сложности с удалением брызг расплавленного металла.

2.2 Сварка порошковой проволокой

Сварка порошковой проволокой может выполняться на том же оборудовании, что и сварка проволокой сплошного сечения. Сокращенное наименование этого процесса, принятое за рубежом - FCAW (Flux Cored Arc Welding).

Порошковая проволока представляет собой трубку из нелегированной стали, заполненную порошком (флюсом). Конструкция некоторых типов порошковых проволок представлена ниже.



Каждый тип порошковой проволоки имеет свой состав флюса. Через флюс можно изменять характеристики дуги и переноса электродного металла, а также металлургические особенности формирования сварного шва. Благодаря этому удалось преодолеть некоторые недостатки, свойственные процессу сварки МАГ проволокой сплошного сечения. Например, порошковая проволока позволяет вводить через флюс в металл шва легирующие элементы, что нельзя сделать в случае использования проволоки сплошного сечения, из-за ухудшения характера волочения.

Обычно газовая защита при сварке FCAW обеспечивается за счет газа, подаваемого извне (Gas-shielded FCAW - FCAW-G). Однако, разработаны проволоки, в которых достаточный объем защитного газа производится при разложении флюса при нагреве; это так называемый процесс сварки самозащитной порошковой проволокой (Self-shielded FCAW - FCAW-S).

В действительности, сварка порошковой проволокой это всего лишь особая разновидность процессов сварки в защитных газах. Поэтому для нее характерны те же особенности, что и для других процессов сварки в защитных газах, так как она также нуждается в эффективной газовой защите зоны сварки. Например, требование поддерживать минимальное расстояние между газовым соплом и изделием также действительно и для сварки FCAW. Необходимо предпринимать меры против сквозняков от открытых дверей и окон, так как они могут отдувать защитный газ в сторону. Тоже самое касается потоков воздуха от вентиляционных систем и даже от воздушных систем охлаждения сварочных установок.

2.2.1 Функции флюса сердечника порошковой проволоки

Состав флюса разрабатывается согласно области применения порошковой проволоки. Основной функцией флюса является очистка металла шва от таких газов как кислород и азот, которые оказывают отрицательное влияние на механические свойства шва. Для того чтобы

снизить содержание кислорода и азота в металле шва во флюс проволоки добавляют кремний и марганец, которые являются раскислителями, а также способствуют улучшению механических свойств металла. Такие элементы как кальций, калий и натрий вводятся во флюс с целью придания шлаку свойств, способствующих улучшению защиты расплавленного металла от воздействия атмосферного воздуха при кристаллизации металла.

Кроме того, шлак обеспечивает:

- формирование поверхности шва требуемого профиля;
- удержание сварочной ванны в вертикальном и потолочном положениях;
- снижение скорости остывания металла сварочной ванны.

Кроме того, калий и натрий способствуют получению более мягкой (стабильной) дуги и снижают разбрызгивание.

Легирование металла шва через флюс порошковой проволоки является более предпочтительным по сравнению с легированием металла шва через проволоку сплошного сечения (вводить в сердечник порошковой проволоки легирующие компоненты технически проще дешевле, чем изготавливать проволоку сплошного сечения из легированного металла). Обычно используются следующие легирующие элементы: молибден, хром, никель, углерод, марганец и др. Добавка этих элементов в металла шва повышает его прочность и пластичность, и в то же время, предел текучести, а также улучшает свариваемость металла.

Состав флюса определяет будет ли порошковая проволока рутилового или основного типа (также как и в случае с покрытыми электродами).

Применяются также порошковые проволоки с повышенным содержанием металлического порошка (металл–корд). Во флюсе порошковых проволок этого типа содержится большое количество железного порошка, а также добавки кремния и марганца, которые обычно содержатся в

проволоках сплошного сечения. Некоторые проволоки содержат также до 2% никеля, который повышает ударную вязкость при низких температурах.

Проволоки типа металл–корд применяются для сварки стыковых и угловых швов во всех пространственных положениях. Они обеспечивают высокую производительность наплавки. Сварной шов имеет гладкую поверхность и не покрыт шлаком, а это означает, что можно выполнять несколько проходов без предварительной очистки предыдущего валика.

2.2.2 Достоинства и недостатки

Сварка порошковой проволокой характеризуется следующими достоинствами:

- использование этого метода сварки выгодно с экономической точки зрения. Он обеспечивает высокие скорости сварки и длительные интервалы горения дуги без перерывов (так как отсутствует необходимость в частой смене электродов);

- при этом практически отсутствуют потери электродной проволоки;

- метод обеспечивает приемлемое качество при сварке металлов, характеризующихся низкой свариваемостью;

- порошковые проволоки основного типа менее чувствительны к загрязнениям основного металла и обеспечивают получение плотного шва с низкой склонностью к трещинам;

- сварка может выполняться во всех пространственных положениях;

- дуга и сварочная ванна хорошо видимы;

- после окончания сварки шов требует лишь незначительной обработки;

- вероятность образования опасных дефектов сварного шва ниже по сравнению со сваркой сплошной проволокой.

Некоторые из недостатков сварки порошковой проволокой представлены ниже:

- этот способ сварки очень чувствителен к сквознякам (открытым дверям и окнам), потокам воздуха от вентиляционных систем и даже от воздушных систем охлаждения сварочных установок;

- дополнительные расходы на сооружение укрытия места сварки при работе вне помещений;

- в случае недостаточных знаний сварщика особенностей процесса и взаимосвязи между параметрами режима возможны такие серьезные дефекты сварного шва, как недостаточное проплавление;

- требуются большие капитальные затраты на оборудование;

- при сварке порошковой проволокой, особенно самозащитной, выделяется относительно большое количество дыма.

3 Обоснование выбора сварочных материалов

3.1 Для сварки в углекислом газе

При сварке сталей с низким содержанием углерода и легирующих элементов для защиты зоны горения дуги и металла сварочной ванны широко используется углекислый газ из-за его дешевизны. Также допускается использование смеси углекислого газа с кислородом (до 30%) и аргоном (до 50 %). Добавки кислорода, увеличивая окисляющее действие газовой среды на расплавленный металл, позволяют уменьшать концентрацию легирующих элементов в металле шва. Это иногда необходимо при сварке низколегированных сталей. Кроме того, несколько уменьшается разбрызгивание расплавленного металла, повышается его текучесть. Связывая водород, кислород уменьшает его влияние на образование пор.

Добавки в углекислый газ аргона изменяют технологические свойства дуги (глубину проплавления и форму шва, стабильность дуги и др.) и позволяют регулировать концентрацию легирующих элементов в металле шва.

В основном используется полуавтоматическая сварка в углекислом газе. Технология сварки в CO_2 аналогична технологии сварки низкоуглеродистых сталей. Применяются такие же сварочные материалы, что и для сварки сталей с низким содержанием углерода. Стали 15ХСНД, 14ХГС и 10ХСНД сваривают сварочной проволокой Св-08Г2С. Химический состав проволоки представлен в таблице 3.

Следует отметить, что сварку низколегированных сталей рекомендуется проводить в среде углекислого газа, плотностью тока более 160-180 А/мм² на постоянном токе обратной полярности. Углекислый газ по ГОСТ 8050-85 и чистотой не менее 99,5 %. В качестве защитного газа принимаем – углекислоту.

Таблица 3 – Химический состав наплавленного металла и предел прочности металла шва [7]

Марка проволоки, мм	Хим. состав наплавленного металла						σ_B , Н/мм ²
	C, %	Mn, %	Si, %	S, %	P, %	Cu, %	
Св-08Г2С	0,06	1,8	0,88	0,012	0,01	<0,25	550
Св-12ГС	<0,14	0,8-1,1	0,6-0,9	<0,025	<0,03	<0,25	550
Св-08	<0,1	0,3-0,6	<0,03	0,04	0,04	<0,25	540

Таблица 4 – Химический состав проволоки Св-08Г2С [7]

Массовая доля химических элементов, в пределах или не более %										
C	Mn	Si	Cr	Ni	Cu	S	P	Mo	As	N
0,05- 0,11	1,8- 2,1	0,7- 0,95	0,2	0,25	0,2	0,01	0,015	0,15	0,08	0,008

3.2 Для сварки порошковой проволокой

Способ полуавтоматической сварки самозащитной проволокой Иннершилд предназначен для сварки заполняющих и облицовочного слоев шва неповоротных и поворотных стыков труб диаметром 325 – 1220 мм с толщинами стенок 6 – 20 мм включительно.

В состав наполнителя порошковой проволоки входят следующие компоненты:

- газообразующие – обеспечивают защиту расплавленных капель и сварочной ванны от азота и кислорода воздуха (мрамор, целлюлоза и карбонаты Ca, Na, Mg);
- шлакообразующие — соединения, образующие шлаковую защиту (рутиловый концентрат, флюоритовый концентрат, алюмосиликаты),

- раскислители — участвуют в металлургических процессах, протекающих в сварочной ванне, обеспечивая металлургическое качество сварного шва (ферромарганец, ферротитан);

- металлические составляющие — повышают производительность наплавки (металлический порошок, соединения железа).

Марку самозащитной порошковой проволоки выбирают в зависимости от прочностного класса свариваемых труб:

- для сварки стыков труб из сталей с нормативным пределом прочности до 530 МПа включительно применяется самозащитная порошковая проволока марки NR-207 диаметром 1,7 мм;

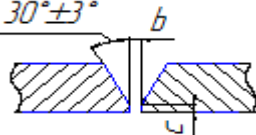
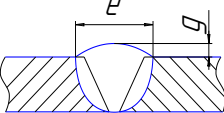
- для сварки стыков труб из сталей с нормативным пределом прочности от 540 до 590 МПа включительно применяется самозащитная порошковая проволока марки NR-208Н диаметром 1,7 мм и 2,0 мм.

Обе марки проволоки аттестованы в установленном порядке и допущены для сварки стыков труб газо-, нефтепроводов различного диаметра и толщин стенок.

Порошковая проволока, поставляемая для использования в трассовых условиях, должна быть упакована в герметичные полиэтиленовые ведра. В каждом ведре находится по четыре катушки весом 6,3 кг.

4 Расчет режимов сварки

Таблица 5 – Конструктивные элементы сварного соединения по ГОСТ 16037-80

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы и размеры		b, мм	c, мм	e, мм	g, мм
	Подготовленных кромок свариваемых деталей	Сварного шва				
C17			2,4	2	16	2

Режим сварки – совокупность основных характеристик сварочного процесса, которые обеспечивают получение сварных швов заданных размеров, геометрической формы и качества.

Рассчитаем общую площадь поперечного сечения наплавленного металла для того, чтобы определить необходимое число проходов при сватке стыкового соединения с разделкой кромок.

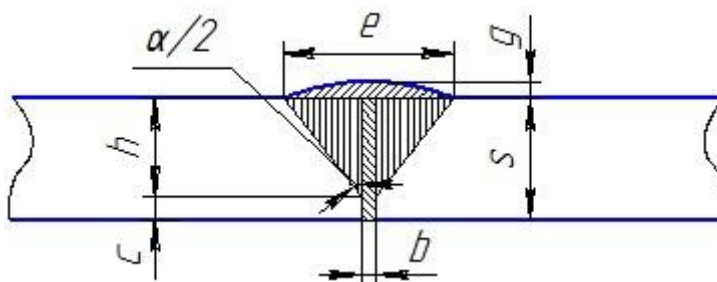


Рисунок 3 – Геометрические элементы площади сечения стыкового шва
Площадь наплавки обычно находят как сумму площадей элементарных геометрических фигур:

$$F_H = h^2 \cdot \operatorname{tg} \alpha + b \cdot S + 0,75 \cdot q \cdot e. \quad (5)$$

Определим площадь наплавки:

$$F_H = 10^2 \cdot \operatorname{tg} 30 + 2,5 \cdot 12 + 0,75 \cdot 2 \cdot 16 = 111 \text{ мм}^2.$$

При сварке в среде защитных газов электродной проволокой диаметром 1 – 1,4 мм в нижнем положении площадь поперечного сечения наплавленного металла первого прохода 20 – 30 мм², второго 30 – 60 мм², последующих заполняющих и облицовочных проходов 40 – 70 мм²; для вертикального положения сварки площадь первого прохода 20 – 40 мм², второго 40 – 60 мм², последующих 40 – 70 мм².

Сварку стыка производим в три прохода. Для первого площадь составит 21 мм², для последующего и облицовочного – 45 мм².

4.1 Расчёт режимов сварки в углекислом газе

К основным параметрам режима механизированной дуговой сварки в защитных газах плавящимся электродом, определяемых расчётом, относятся: сварочный ток, напряжение на дуге, скорость сварки, диаметр и скорость подачи электродной проволоки. Основные параметры: защитная среда, род тока, полярность устанавливают, исходя из условий сварки конкретного изделия. Для сварки данного соединения, выбран тип соединения С17 с разделкой кромок.

Силу сварочного тока $I_{св}$ рассчитаем по формуле (6) [5]:

$$I_{св} = \pi \cdot d_э \cdot j / 4, \quad (6)$$

где $d_э$ – диаметр электродной проволоки 1,14 мм;

j – допустимая плотность тока, согласно [5] для сварки в углекислом газе 115÷130 А/мм².

- для корневого шва:

$$I_{св} = \frac{3,14 \cdot 1,14^2}{4} \cdot 115 = 117 \text{ А},$$

принимаем $I_{св} = 120 \text{ А}$.

- для последующих проходов:

$$I_{св} = \frac{3,14 \cdot 1,14^2}{4} \cdot 130 = 133 \text{ А},$$

принимая $I_{св} = 135 \text{ А}$.

Определяем оптимальное напряжение дуги [5]:

$$U_{д} = 20 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{d_3}} \cdot I_{св} \pm 1 \quad (7)$$

- для корневого шва:

$$U_{д} = 20 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{1,14}} \cdot 120 \pm 1 = 25 \pm 1 \text{ В};$$

- для последующих проходов:

$$U_{д} = 20 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{1,14}} \cdot 135 \pm 1 = 26 \pm 1 \text{ В}.$$

Определим коэффициент формы провара [5]:

$$\psi_{пр} = K' \cdot (19 - 0,01 \cdot I_{св}) \cdot \frac{d_3 \cdot U_{д}}{I_{св}}, \quad (8)$$

где K' – коэффициент для тока обратной полярности 0,92.

- для корневого шва:

$$\psi_{пр} = 0,92 \times (19 - 0,01 \cdot 120) \cdot \frac{1,14 \cdot 25}{120} = 3,9;$$

- для последующих проходов:

$$\psi_{пр} = 0,92 \cdot (19 - 0,01 \cdot 135) \cdot \frac{1,14 \cdot 26}{135} = 3,6.$$

Для механизированной сварки значения $\psi_{пр}$ должны составлять 0,8...4,0, в нашем случае, значение коэффициента находится в данном интервале, следовательно, режимы подобраны верно.

Определим скорость сварки по формуле (9) [5]:

$$V_{св} = \frac{\alpha_{н} \cdot I_{св}}{3600 \cdot \gamma \cdot F_{н}}, \quad (9)$$

где $\alpha_{н}$ – коэффициент наплавки;

γ – плотность электродного металла, г/см^3 .

Для определения коэффициента наплавки $\alpha_{н}$ при механизированных способах сварки в среде CO_2 воспользуемся следующей формулой (10) [5]:

$$\alpha_{н} = \alpha_{р} \cdot (1 - \psi_{п}), \quad (10)$$

где ψ_{Π} – коэффициент потерь, который определяется по формуле (11):

$$\psi_{\Pi} = -4,72 + 17,6 \cdot 10^{-2} \cdot j - 4,48 \cdot 10^{-4} \cdot j^2. \quad (11)$$

Подставим известные значения плотности тока j в формулу (11), получим:

- для корневого шва:

$$\psi_{\Pi} = -4,72 + 17,6 \cdot 10^{-2} \cdot 115 - 4,48 \cdot 10^{-4} \cdot 115^2 = 9,6\%;$$

- для последующих проходов:

$$\psi_{\Pi} = -4,72 + 17,6 \cdot 10^{-2} \cdot 130 - 4,48 \cdot 10^{-4} \cdot 130^2 = 10,6\%.$$

Для того чтобы определить коэффициент наплавки нам необходимо рассчитать коэффициент расплавления α_p по формуле (12) (величину вылета электрода l_e принимаем 15 мм) [5]:

$$\alpha_p = 9,05 + 3,1 \cdot 10^{-3} \cdot \sqrt{I_{\text{св}}} \cdot \frac{l_e}{d_3^2}. \quad (12)$$

- для корневого шва:

$$\alpha_p = 9,05 + 3,01 \cdot 10^{-3} \cdot \sqrt{120} \cdot \frac{15}{1,14^2} = 9,4 \frac{\text{г}}{\text{Ач}};$$

- для последующих проходов:

$$\alpha_p = 9,05 + 3,01 \cdot 10^{-3} \cdot \sqrt{135} \cdot \frac{15}{1,14^2} = 9,5 \frac{\text{г}}{\text{Ач}}.$$

Тогда коэффициента наплавки α_n согласно формуле (10):

- для корневого шва:

$$\alpha_n = 9,4 \cdot (1 - 0,096) = 8,5 \frac{\text{г}}{\text{Ач}};$$

- для последующих проходов:

$$\alpha_n = 9,5 \cdot (1 - 0,106) = 8,5 \frac{\text{г}}{\text{Ач}};$$

Скорость сварки:

- для первого прохода:

$$V_{\text{св}} = \frac{8,5 \cdot 120}{3600 \cdot 7,8 \cdot 0,21} = 0,18 \frac{\text{см}}{\text{с}} = 6,48 \frac{\text{м}}{\text{ч}};$$

- для последующих проходов:

$$V_{св} = \frac{8,5 \cdot 135}{3600 \cdot 7,8 \cdot 0,45} = 0,09 \frac{см}{с} = 3,24 \frac{м}{ч};$$

Определяем скорость подачи электродной проволоки по формуле (13) [5]:

$$V_{пэп} = \frac{\alpha_p \cdot I_{св}}{3600 \cdot \gamma \cdot F_{эл}}, \quad (13)$$

где $F_{эл}$ – площадь поперечного сечения электрода, $см^2$.

- для первого прохода:

$$V_{пэп} = \frac{9,4 \cdot 120}{3600 \cdot 7,8 \cdot 1,02 \cdot 10^{-2}} = 3,9 \frac{см}{с} = 142 \frac{м}{ч};$$

- для последующих проходов:

$$V_{пэп} = \frac{9,5 \cdot 135}{3600 \cdot 7,8 \cdot 1,02 \cdot 10^{-2}} = 4,5 \frac{см}{с} = 161 \frac{м}{ч};$$

Погонная энергия рассчитывается по формуле (14) [5]:

$$q_{п} = \frac{\eta_n \cdot I_{св} \cdot U_{д}}{V_{св}}, \quad (14)$$

где η_n – эффективный коэффициент полезного действия нагрева изделия дугой, который при сварке в защитном газе составляет 0,8...0,84, принимаем $\eta_n = 0,8$;

- для первого прохода:

$$q_{п} = \frac{0,8 \cdot 120 \cdot 25}{0,18} = 13333 \frac{Дж}{см};$$

- для последующих проходов:

$$q_{п} = \frac{0,8 \cdot 135 \cdot 26}{0,09} = 31200 \frac{Дж}{см}.$$

Полученные расчеты сведем в таблицу 6.

Таблица 6 – Результаты расчетов режимов сварки

Параметр	Для корневого слоя шва	Для последующих слоев шва
Сварочный ток, $I_{св}$	120 А	135 А
Оптимальное напряжение дуги, $U_{д}$	25 ± 1 В	26 ± 1 В
Коэффициент формы провара, $\psi_{пр}$	3,9	3,6
Коэффициент потерь, $\psi_{п}$	9,6 %	10,6 %

Продолжение таблицы 6

Коэффициент расплавления, α_p	9,4 г/Ач	9,5 г/Ач
Коэффициент наплавки, α_H	8,5 г/Ач	8,5 г/Ач
Скорость сварки, $V_{св}$	0,18 см/с = 6,48 м/ч	0,09 см/с = 3,24 м/ч
Скорость подачи электродной проволоки, $V_{пэл}$	3,9 см/с = 142 м/ч	4,5 см/с = 161 м/ч
Погонная энергия, $q_{п}$	13333 Дж/см	31200 Дж/см

4.2 Расчет режимов сварки порошковой проволокой

Сварочный ток, напряжение дуги, скорость подачи проволоки и вылет электрода принимаем по таблице 7.

Таблица 7 – Режимы сварки самозащитными порошковыми проволоками

Толщина стенки труб, мм	Параметры режима			
	I, А	U, В	$V_{пр}$, м/ч	Вылет проволоки, мм
Порошковые проволоки ПП-АН1, $d_{ПП}=2,8$ мм, $\alpha_H=13$ г/А·ч				
8-12	250-300	25-27	120	15-20
Порошковые проволоки ПП-АН3, $d_{Э}=3,0$ мм, $\alpha_H=13 - 17$ г/А·ч				
10-15	420-450	26-29	170	20-25

Масса наплавленного металла:

$$G_H = F_H \cdot l_{ш} \cdot \gamma = 1,11 \cdot 166,5 \cdot 7,8 = 1435 \text{ г}, \quad (16)$$

где F_H – площадь наплавленного металла, $F_H = 1,11 \text{ см}^2$;

$l_{ш}$ – длина шва, $l_{ш} = 166,5 \text{ см}$;

γ – плотность металла; $\gamma=7,8 \text{ г/см}^3$.

Время горения дуги, ч:

$$t_0 = \frac{G_H}{I_{св} \cdot \alpha_H} = \frac{1435}{435 \cdot 15} = 0,22 \text{ ч}$$

Расход порошковой проволоки, г:

$$G_{пп} = G_H \cdot K = 1435 \cdot 1,35 = 1937,25 \text{ г}$$

где K – коэффициент учитывающий конструкцию проволок

5 Выбор сварочного оборудования

Источник питания сварочной дуги должен отвечать следующим требованиям:

- обеспечивать необходимую для данного технологического процесса силу тока дуги и напряжение дуги;
- иметь необходимый вид внешней характеристики, чтобы выполнять условия стабильного горения дуги;
- иметь такие динамические параметры, чтобы можно было обеспечить нормальное возбуждение дуги и минимальный коэффициент разбрызгивания.

5.1 Для механизированной сварки в среде углекислого газа

Для сварки в среде CO₂ рассмотрим полуавтоматы КЕМРРІ КЕМРАСТ 251А и Lincoln Electric Invertec STT II.

Сварочный полуавтомат КЕМРРІ Кемраст 251А. Высокое качество изготовления, а также функциональные преимущества повышают продуктивность, точность и эффективность сварочных операций. В основу модели Кемраст 251А легла последняя разработка источника питания Кемррі, которая гарантирует оптимальные сварочные характеристики и отличную энергоэффективность. Данный аппарат входит в линейку Кемраст RA, в которую вошли одиннадцать версий модели включают источники питания с выходным током 180, 250 и 320 ампер и панели управления Regular (R) или Adaptive (A), что охватывает широкий диапазон потребностей цехов металлоконструкций.

Новые технические решения серии включают: снижение потребления электроэнергии более чем на 10 % по сравнению с обычными источниками питания со ступенчатым регулированием, систему освещения корпуса Brights™ для облегчения загрузки проволоки в условиях слабого освещения, функцию оповещения WireLine™ для сигнализации о необходимости

плановой замены направляющего канала проволоки, а также встроенное шасси GasMate™, обеспечивающее удобную и безопасную установку баллона и перемещение аппарата. Какую бы модель вы ни выбрали, аппарат Kempract RA гарантирует максимальную эффективность для любых сварочных операций.

Сварочный аппарат Lincoln Electric Invertec STT II с революционной технологией STT® II, представляет собой инверторный сварочный источник с высокой частотой преобразования, в котором применена улучшенная технология управления формой сварочного тока (Waveform Control Technology®), обеспечивающей значительные преимущества по сравнению с традиционной MIG-сваркой короткими замыканиями.

Особенности:

- Управляемое проплавление и тепловложение – идеально для сварки соединений с открытым зазором между деталями или тонколистовых материалов, где крайне недопустимы прожоги свариваемых деталей;
- Низкий уровень разбрызгивания металла и минимальный выброс сварочных газов, благодаря автоматическому контролю сварочного тока и оптимизации процесса переноса металла;
- Возможность использования различных газов и смесей - технология STT® II позволяет использовать различные типы защитных газов и их смесей: аргон или 100% CO₂ для проволоки большого диаметра;
- Хороший вид шва и более высокая скорость сварки без ущерба качеству и внешнему виду шва, процесс STT способен заменить традиционный способ аргоно-дуговой сварки;
- Регулируемые параметры: базовый ток, время спада заднего фронта импульса и пиковый ток - позволяют точно установить величину тепловложения, уменьшить вероятность прожигания и установить нужное проплавление;

- Контроль над скоростью подачи и напряжением;
- Режим триггера горелки 2х и 4х тактный;
- Яркий, цифровой дисплей вольтметра и амперметра;

Таблица 8 – Технические характеристики сварочных полуавтоматов КЕМРПИ КЕМРАСТ 251 А и Lincoln Electric Invertec STT II.

Наименование	КЕМРПИ КЕМРАСТ 251 А	Lincoln Electric Invertec STT II
Напряжение питающей сети, В	240	380
Частота питающей сети, Гц	50/60	50/60
ПВ 60%, А	180	225
ПВ 100%, А	120	200
Номинальная мощность при макс. токе, кВт	8,5	6,8
Диапазон сварочных токов, А	20 –250	5–250
Напряжение холостого хода, В	36	85
Потребляемая мощность холостого хода, Вт	35	40
КПД при ПВ 100 %	0,82	0,85
Диаметр сварочной проволоки, мм	1,0-1,6	1,0-1,6
Диапазон регулирования скорости подачи проволоки, м/мин	1–18	0,9-19,1
Диапазон регулировки напряжения, В	8–31	15-36
Габаритные размеры Д х Ш х В, мм	623x579x1070	589x336x620
Масса (без сварочной горелки и кабелей), кг	44	53

Выбираем сварочный полуавтомат Lincoln Electric Invertec STT II, т.к. он обладает большей функциональностью, меньше по габаритным размерам, имеет больший диапазон регулирования сварочного тока, что дает возможность вести сварку при 200 А со 100 % ПВ.

Механизированная сварка методом STT служит для односторонней полуавтоматической сварки проволокой сплошного сечения в среде углекислого газа корневого шва неповоротных стыков труб диаметром 325-1220 мм с толщинами стенок до 20 мм включительно, а также для сварки всех слоев шва стыков аналогичных диаметров с толщиной стенки до 12 мм [8].

Аббревиатура STT расшифровывается как "Surface Tension Transfer" — процесс переноса капли в сварочную ванну происходит с помощью сил поверхностного натяжения. Этот процесс похож на процесс переноса короткими замыканиями, который реализован при дуговой сварке в среде защитных газов, но с одним отличием — сварочная ванна втягивает в себя расплавленный металл с конца электродной проволоки за счет сил поверхностного натяжения. Электромагнитное сжимающее действие, которое возникает при Пинч-эффекте, способствует отделению капли, но не является основой механизма переноса, как это наблюдается при обычной сварке короткими замыканиями. Данный вид переноса обеспечивает сокращение разбрызгивания и дымообразования в отличие от традиционных методов сварки. Простота использования этого метода позволяет значительно снизить вероятность образования несплавлений, т.к. в процессе сварки над сварочной ванной обеспечивается хороший контроль. При использовании этого метода от сварщика не требуется высокой квалификации, чтобы выполнить сварное соединение высокого качества. Еще достоинством данного способа является то, что простота процесса STT способствует сокращению времени обучения сварщиков.

Компания «Lincoln Electric» целенаправленно для процесса STT разработала 225-амперный инверторный источник питания Invertec STT II, который реализует технологию управления формой сварочного тока. В процессе сварки форма выходного тока регулируется определенным образом, в результате этого добиваются вышеуказанных преимуществ. Invertec STT II

имеет отличие от обычных сварочных аппаратов. Он не является ни источником с жесткой характеристикой, ни источником с крутопадающей характеристикой. Invertec имеет обратную связь, с помощью которой отслеживаются основные этапы переноса капли и процессы, происходящие между электродом и сварочной ванной. При необходимости аппарат автоматически изменяет величину и форму сварочного тока.

Источник не регулирует напряжение на дуге. Напряжение, которое необходимо дуге, автоматически устанавливается источником. Из-за этого количество тепла, которое вводится в сварочную ванну, не зависит от скорости подачи проволоки. Помимо этого, условия контроля над формированием сварочной ванны улучшаются. Пинч-эффект автоматически контролируется источником.

Процесс STT особо рекомендован при сварке труб с зазором для выполнения корневых швов.

Циклограмма метода STT представлена на рисунке.

5.2 Для сварки порошковой проволокой

Для сварки самозащитной порошковой проволокой выбираем специализированный комплект оборудования, разработанный и выпускаемый фирмой Lincoln Electric, который включает следующее:

- специальный источник сварочного тока — Idealarc DC-400, Invertec V350-PRO, Invertec V300-I, SAM-400 и источники типа Commander различных модификаций;
- адаптер модели K350 или K350-1;
- механизм подачи порошковой проволоки LN-23P;
- сварочную горелку K345 со шлангом и кабелями.

6 Технология сборки и сварки неповоротного стыка трубопровода

6.1 Заготовительные операции

Трубы и детали трубопроводов должны пройти входной контроль. До начала работ следует проверить наличие сертификатов (паспортов) на трубы, детали и запорную арматуру, и все сварочные материалы, которые будут использованы для сооружения объекта, а также соответствие маркировки (клейм) обозначениям, указанным в сертификатах (паспортах).

При отсутствии клейм, маркировки, сертификатов (или других документов, удостоверяющих их качество) трубы и детали трубопроводов к сборке и сварке не допускаются.

При визуальном контроле поверхности труб, включая зоны заводских продольных и спиральных швов, должны быть выявлены недопустимые дефекты, вид и размеры которых определены техническими условиями на поставку труб.

Трубы и детали трубопроводов с недопустимыми дефектами к сборке не допускаются.

На поверхности труб или деталей не допускаются:

- трещины, плены, рванины, закаты любых размеров;
- царапины, риски и задиры глубиной более 0,2 мм;
- местные перегибы, гофры и вмятины;
- расслоения на концах труб.

Следует проверить перпендикулярность свариваемого торца по угольнику. Отклонение свариваемого торца от угольника для труб, деталей и арматуры должно быть не выше значений, регламентированных техническими условиями. Следует проверить соответствие формы, размеров и качества подготовки свариваемых кромок, в том числе расточки («нутрения») под заданный внутренний диаметр, требованиям

технологической карты. Точность обработки фасок под сварку и размеры разделки проверяют инструментально.

Перед сборкой труб необходимо очистить внутреннюю полость труб и деталей трубопроводов от попавшего грунта, снега и т.п. загрязнений, а также механически очистить до металлического блеска кромки и прилегающие к ним внутреннюю и наружную поверхности труб, деталей трубопроводов, патрубков арматуры на ширину не менее 10 мм. Следует проверить качество зачистки наружной и внутренней поверхностей свариваемых торцов.

Следует проверить соответствие минимальной фактической толщины стенки в зоне свариваемых торцов допускам, установленным ТУ на поставку труб после расточки (нутрения) под заданный внутренний диаметр [9].

По старой технологии труба отрезалась ручной газовой резкой (рисунок 4, а).

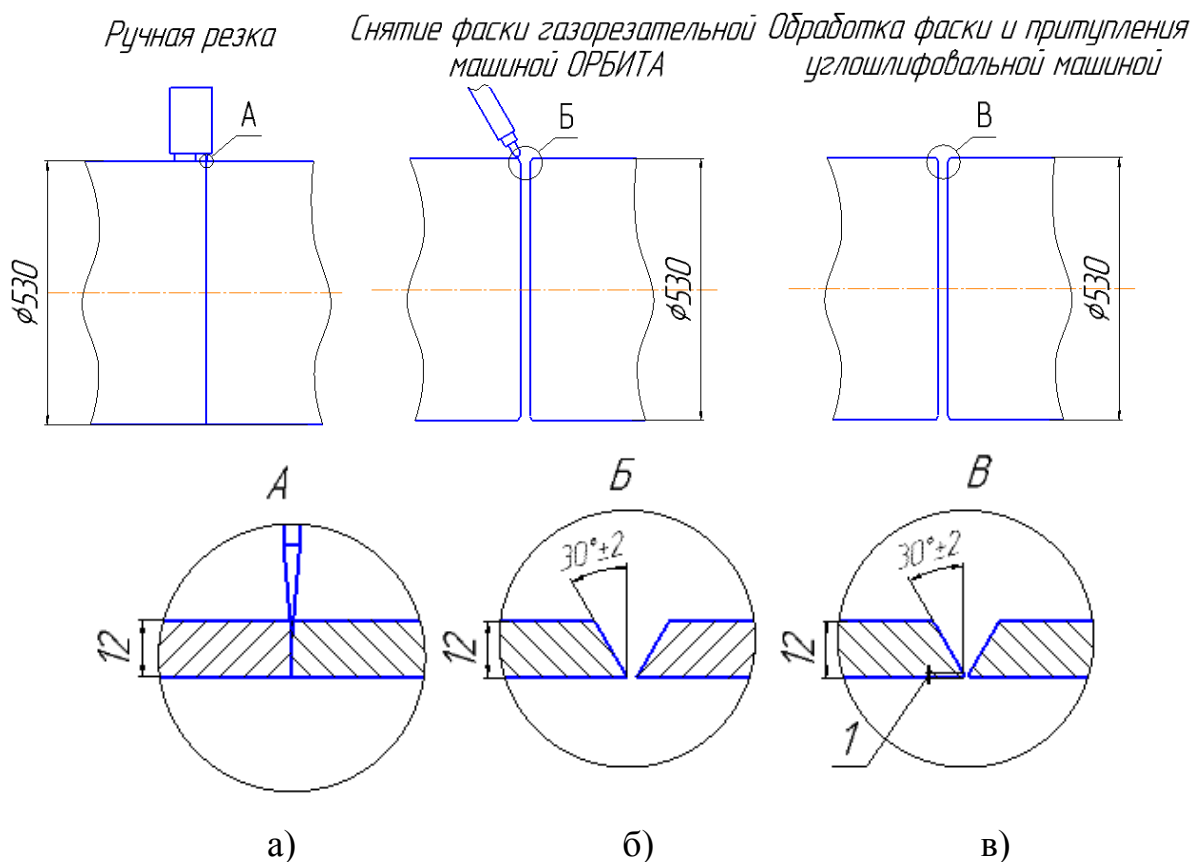


Рисунок 4 – Старая технология подготовки стыков к сварке

Затем производится газокислородное снятие фаски (рисунок 4, б).
Заключительным этапом было удаление науглероженного слоя и получение притупления кромки (рисунок 4, в).

Новая технология предполагает использование механизированной установки для холодной резки со снятием фаски RSG FEIN.

Механическая резка установкой RSG FEIN

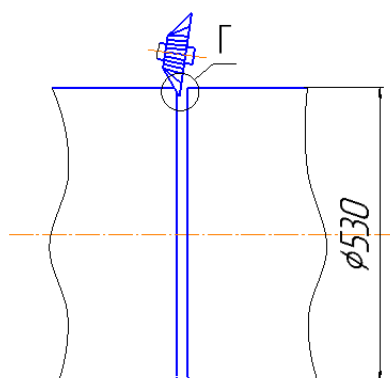


Рисунок 5 – Новая технология подготовки стыков к сварке

Применение установки RSG FEIN позволяет за одну операцию отрезать трубу и получить форму разделки шва под сварку.



Рисунок 5 - Механизированная установка для холодной резки со снятием фаски RSG FEIN

При использовании установки RSG FEIN получается зауженная разделка шва (рисунок 8), это позволяет:

- уменьшить количество наплавленного металла;
- увеличить скорость сварки

- экономить на сварочных материалах,
- уменьшить общую себестоимость работ по производству одного стыка.

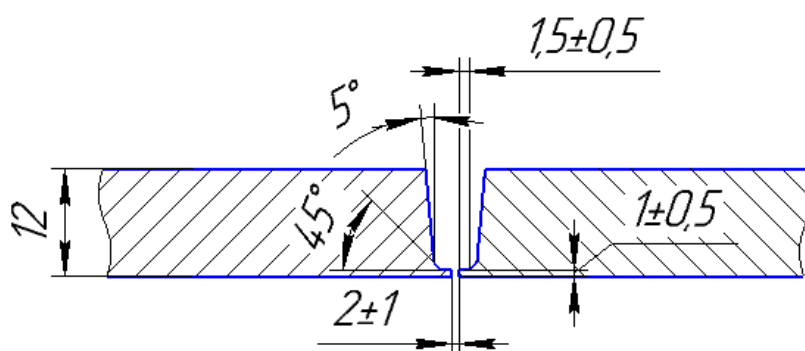


Рисунок 6 – Зауженная разделка

Площадь наплавки обычно находят как сумму площадей элементарных геометрических фигур по формуле (5):

$$F_n = 10^2 \cdot \operatorname{tg}5 + 1,5 \cdot 11 + 2 \cdot 12 + 0,75 \cdot 2 \cdot 16 = 73 \text{ мм}^2.$$

Площадь наплавки равна $F_n=73 \text{ мм}^2$.

6.2 Технологический процесс сборки и сварки

Перед сборкой следует осмотреть поверхности кромок свариваемых элементов. Устранить шлифованием на наружной поверхности неизолированных торцов труб или переходного кольца цапапины, риски, задиры глубиной до 5 % от нормативной толщины стенки, но не более минусового допуска на толщину стенки в соответствии с техническими условиями или ГОСТ на трубы.

Концы труб с забоинами и задирами фасок глубиной более 5 мм или вмятинами глубиной более 3,5 % от диаметра труб, а также любые вмятины с надрывами или резкими перегибами, имеющие дефекты поверхности, исправлению не подлежат и должны быть вырезаны.

После вырезки участка с недопустимыми дефектами следует выполнить УЗК участка, прилегающего к торцу шириной не менее 40 мм по

всему периметру трубы для выявления расслоений. Если в процессе УЗК выявлено наличие расслоений, должна быть произведена обрезка трубы на расстоянии не менее 300 мм от торца и произведен ультразвуковой контроль.

При сборке стыков труб с одинаковой нормативной толщиной стенки должны соблюдаться следующие требования смещение внутренних кромок бесшовных труб не должно превышать 2 мм. Допускаются местные внутренние смещения кромок труб, не превышающие 3 мм на длине не более 100 мм. Величина наружного смещения в этом случае не нормируется, однако при выполнении облицовочного слоя шва должен быть обеспечен плавный переход поверхности шва к основному металлу. Для труб с нормативной толщиной стенки до 10 мм допускается смещение кромок до 40 % от нормативной толщины стенки, но не более 2 мм.

При сборке запрещается ударная правка концов труб, как без нагрева, так и с нагревом.

При сборке заводские (как продольные, так и спиральные) швы следует смещать относительно друг друга не менее, чем на 50 мм при диаметре до 219 мм, на 75 мм - при диаметре свыше 219 до 530 мм, на 100 мм - при диаметре свыше 530 мм. Рекомендуется располагать заводские продольные швы в верхней половине периметра свариваемых труб.

Не допускается перемещать или подвергать любым внешним воздействиям сваренный стык до полного завершения корневого слоя шва, выполненного электродами с основным видом покрытия [10].

Технологический процесс сборки и сварки представлен в приложении.

6.3 Дефекты, возникающие при сварке трубопровода

В сварочном производстве различают дефекты подготовки изделий под сварку и дефекты, возникающие в процессе сварки. Сварочные дефекты могут быть наружными и внутренними. Неразрушающие методы контроля

применяют, как правило, для определения внутренних макроскопических дефектов. Наружные дефекты сварки обычно выявляют внешним осмотром

Допущенные дефекты при подготовке и сборке приводят к появлению собственно сварочных дефектов. Наиболее характерные дефекты этого типа: неправильный угол скоса кромок в швах; слишком большое или малое притупление по длине стыкуемых кромок; непостоянство зазора между кромками; несовпадение стыкуемых плоскостей кромок; расслоения и загрязнения на кромках и т. п.

Причинами подобных дефектов могут быть неисправности оборудования, применяемого для изготовления заготовок и приспособлений для сборки, недоброкачество исходных материалов, низкая квалификация обслуживающего персонала [11].

Правильность сборки контролируют внешним осмотром и геометрическими измерениями с помощью шаблонов и специализированного инструмента.

Форма и размеры швов задаются техническими условиями. При сварке плавлением, как правило, регламентируют ширину и выпуклость шва, число проходов и глубину проплавления. Швы могут иметь неравномерность, которая появляется вследствие неустойчивого режима сварки, неравномерности зазора и угла скоса кромок. Неправильная форма швов является следствием неточного направления электрода относительно разделки. В случае недостаточной скорости подачи электродной проволоки при данной скорости сварки, увеличения угла скоса кромок или зазора между ними, протекания металла в зазор возникает так называемая неполномерность сварных швов. В местах расположения прихваток из-за нестабильности сварочного процесса появляется неравномерность шва.

Поры образуются при сварке загрязненных кромок металла, т. е. при плохой зачистке от окалины, ржавчины. Поры и шлаковые включения

образуются часто вследствие недостаточного сварочного тока и чрезмерно большой скорости сварки. Размеры пор и шлаковых включений колеблются от нескольких микрометров до нескольких миллиметров. Форма их обычно сферическая. Шлаковые включения могут располагаться на границе оплавления основного металла с наплавленным, непровары чаще всего — в корне шва. Шлаковые включения могут вызвать местную концентрацию напряжений и снизить прочность соединения. Встречаются микроскопические шлаковые включения — загрязнения в виде нитридов, сульфидов, легкоплавких эвтектик, оксида железа [12].

На поверхности сварных швов образуются подрезы, представляющие собой углубления в основном металле, появляющиеся в процессе сварки вдоль края шва. Подрезы уменьшают сечения изделия, вызывают концентрацию напряжений и могут стать причиной разрушения швов.

При обрыве дуги образуются кратеры в виде углублений, которые уменьшают рабочее сечение шва, снижают его прочность и коррозионную стойкость. Часто кратер служит очагом появления трещин.

В результате большого сварочного тока, чрезмерно высокой погонной энергии образуются прожоги. Место прожога должно быть повторно заварено. Наиболее часто встречающиеся дефекты — это поры. Часть из них выходит на поверхность. Из канальных пор обычно развиваются свищи, т. е. сквозные дефекты. Поверхностные дефекты можно обнаружить визуально и исправить. Если допускаются небольшие дефекты формирования, то это должно быть оговорено в инструкциях и технических условиях на изготовление данного изделия. Значительное количество поверхностных дефектов обычно указывает на наличие и внутренних дефектов.

К внутренним дефектам, нарушающим сплошность сварного соединения, можно отнести поры, трещины, непровары, несплавления и др.

Трещины являются весьма опасными дефектами, так как создают резкую концентрацию напряжений. Трещины появляются при сварке высокоуглеродистых и легированных сталей в результате слишком быстрого охлаждения.

Иногда трещины возникают при охлаждении сваренных заготовок на воздухе. Они могут располагаться вдоль и поперек сварного соединения, а также в основном металле, в месте сосредоточения швов и приводить к разрушению сварной конструкции. Сварные соединения с трещинами подлежат исправлению.

Несплавления кромок основного металла с наплавленным или слоев шва между собой при многослойной сварке называют непроваром, представляющим собой несплошность между основным и наплавленным металлом.

Непровары чаще всего образуются при небольшом зазоре между кромками и малом угле их скоса, завышенном притуплении и загрязнении кромок, неточном направлении электродной проволоки относительно места сварки, недостаточном сварочном токе или чрезмерно большой скорости сварки. Они снижают работоспособность сварного соединения за счет ослабления рабочего сечения, создают концентрацию напряжений в шве.

Упомянутые выше дефекты встречаются при сварке плавлением. Они уменьшают рабочее сечение шва, создают концентрацию напряжений и способствуют ускоренному разрушению конструкции. Если в сварном соединении сосудов и трубопроводов имеются сквозные дефекты, то через них происходит утечка жидкостей и газов [13].

7 Технический контроль качества и исправления брака

7.1 Визуальный и измерительный контроль

Визуальному контролю подвергаются все законченные сварные соединения, на которые распространяется РД 153-006-02.

Перед визуальным контролем сварные швы и прилегающая к ним поверхность основного металла шириной не менее 20 мм (по обе стороны шва) должны быть очищены от шлака, брызг расплавленного металла, окалины и других загрязнений.

Визуальный контроль производится невооруженным глазом или с помощью лупы 4–7 кратного увеличения для участков, требующих уточнения характеристик обнаруженных дефектов, с применением, при необходимости, переносного источника света.

Недопустимыми дефектами, указанными в п. 6.3, выявленными при визуальном контроле сварных соединений, являются:

- трещины всех видов и направлений;
- непровары (несплавления) между основным металлом и швом, а также между валиками шва;
- наплывы (натёки) и брызги металла;
- незаваренные кратеры;
- свищи;
- прожоги;
- скопления и включения пор.

Выявленные при визуальном и измерительном контроле дефекты, которые могут быть исправлены (удалены) без последующей заварки выборок, должны быть исправлены до проведения контроля другими методами.

Измерительный контроль сварных соединений (определении размеров швов, смещения кромок, перелом осей, углублений между валиками,

чешуйчатости поверхности швов и др.) следует выполнять в местах, где допустимость этих показателей вызывает сомнения при визуальном контроле, если в ПТД нет других указаний. Размеры и форма шва проверяются с помощью шаблонов, размеры дефекта с помощью мерительных инструментов.

Контроль проводится сварщиком после зачистки поверхности. Результаты контроля считаются удовлетворительными, если не обнаружены трещины, незаваренные прожоги и кратеры, скопления, поверхностные поры (включения), превышающие нормы, и другие дефекты, свидетельствующие о нарушении режима сварки или о недоброкачественности сварочных материалов. При обнаружении недопустимых дефектов вопрос о продолжении сварки или способе исправления дефектов должен решать руководитель сварочных работ [14].

7.2 Ультразвуковая и радиографическая дефектоскопия

Для обнаружения возможных внутренних дефектов сварные соединения подлежат ультразвуковой или радиографической дефектоскопии.

Радиографическую дефектоскопию производят согласно требованиям ГОСТ 7512-82 и СНиП 2.05.06-85.

Применение других физических методов контроля, модернизированных или автоматизированных вариантов, а также замену одного метода другим либо их сочетанием, разрешается производить по инструкции согласованной с Ростехнадзором.

Радиографический и ультразвуковой контроль кольцевых сварных соединений при 100 % контроле, проводится по всему периметру стыка.

Ультразвуковому контролю должны подвергаться только соединения с полным проплавлением (без конструктивного непровара).

При выборочном контроле отбор контролируемых соединений должен проводиться отделом технического контроля предприятия из числа наиболее

трудновыполнимых или вызывающих сомнения по результатам визуального и измерительного контроля. Объёмы контроля неразрушающими методами сварных соединений, на которые распространяются правила Ростехнадзора.

При радиографическом контроле сварных соединений через две стенки нормы оценки качества следует принимать по тому же размерному показателю, что и при контроле через одну стенку.

Зафиксированные на радиографических снимках включения и скопления с максимальным размером менее значений минимально фиксируемого размера включения, допускается не учитывать как при подсчете числа одиночных включений и одиночных скоплений и их суммарной приведенной площади или суммарной длины, так и при рассмотрении расстояний между включениями (скоплениями).

Любую совокупность включений, которая может быть вписана в квадрат с размером стороны, не превышающим значения допустимого максимального размера одного включения, можно рассматривать как одно сплошное одиночное включение.

Любую совокупность включений, которая вписывается в прямоугольник с размерами сторон, не превышающими значений допустимого максимального размера и допустимой максимальной ширины одиночного протяженного включения, можно рассматривать как одно сплошное одиночное протяженное включение.

Ультразвуковой контроль сварных соединений трубопроводов осуществляют в соответствии с требованиями ГОСТ 14782-86.

Контроль может осуществляться в ручном, механизированном или автоматизированном вариантах.

Для ручного контроля и контроля в механизированном варианте сканирования следует применять ультразвуковые эхо-импульсные дефектоскопы и интроскопы УД-11ПУ, УД-12ПУ, УИ-70 или другие (в том

числе импортные), близкие указанным по своим техническим характеристикам.

Для автоматизированного контроля должно применяться оборудование отечественного и (или) зарубежного производства, по своим техническим характеристикам обеспечивающее выявление всех недопустимых дефектов.

Поверхность сварного соединения, подлежащего ультразвуковому контролю, должна быть с обеих сторон шва очищена от брызг металла, шлака, окалины, грязи, льда и снега.

Подготовленные для контроля поверхности непосредственно перед прозвучиванием необходимо тщательно протереть ветошью и покрыть слоем контактной смазки. В качестве смазки в зависимости от температуры окружающей среды применяют:

- при температурах выше плюс 25 °С - солидол, технический вазелин;
- при температурах от плюс 25 до минус 25 °С - моторные и дизельные масла различных марок, трансформаторное масло и т.п.;
- при температурах ниже минус 25 °С - моторные и дизельные масла, разбавленные до необходимой консистенции дизельным топливом.

Допускается применение в качестве контактных смазок других веществ (специальные пасты, глицерин, обойный клей и др.) при условии обеспечения стабильного акустического контакта при заданной температуре контроля.

Контролируемое соединение следует прозвучивать, как правило, прямым и однократно отраженным лучом.

В ручном варианте контроля прозвучивание сварного соединения выполняют по способу продольного и (или) поперечного перемещения преобразователя при постоянном или автоматически изменяющемся угле ввода луча [14].

При механизированном и автоматизированном контроле способ сканирования определяется конструкцией акустической системы применяемого оборудования.

При обнаружении дефекта производят определение следующих его характеристик:

- амплитуду эхо-сигнала от дефекта;
- наибольшую глубину залегания дефекта в сечении шва;
- условную протяженность дефекта;
- суммарную условную протяженность дефектов на оценочном участке.

Суммарную условную протяженность дефектов на оценочном участке (в мм) определяют как сумму условных протяженностей дефектов, обнаруженных на этом участке.

Дефекты сварных соединений по результатам ультразвукового контроля относят к одному из следующих видов:

- непротяженные (одиночные поры, компактные шлаковые включения);
- протяженные (трещины, непровары, несплавления, удлиненные шлаки);
- цепочки и скопления (цепочки и скопления пор и шлака).

К непротяженным относят дефекты, условная протяженность которых не превышает значений, указанных в таблице 9. Этими дефектами могут быть одиночные поры или неметаллические включения.

Таблица 9 – Протяженность дефектов

Толщина стенки контролируемого соединения, мм	Условная протяженность дефекта, мм
12,0-25,5	15

К протяженным относят дефекты, условная протяженность которых превышает значения, указанные в таблице 9. Этими дефектами могут быть

одиночные удлиненные неметаллические включения и поры, непровары (несплавления) и трещины.

Цепочкой и скоплением считают три и более дефекта, если при перемещении искателя соответственно вдоль или поперек шва огибающие последовательностей эхо-сигналов от этих дефектов при поисковом уровне чувствительности пересекаются (не разделяются). В остальных случаях дефекты считают одиночными.

По результатам ультразвукового контроля годным считают сварное соединение, в котором отсутствуют:

- непротяженные дефекты, амплитуда эхо-сигнала от которых превышает амплитуду эхо-сигнала от контрольного отражателя в СОП, или суммарная условная протяженность которых в шве превышает $1/6$ периметра этого шва;

- цепочки и скопления, для которых амплитуда эхо-сигнала от любого дефекта, входящего в цепочку (скопление), превышает амплитуду эхо-сигнала от контрольного отражателя в СОП или суммарная условная протяженность дефектов, входящих в цепочку (скопление), более 30 мм на любые 300 мм шва;

- протяженные дефекты в сечении шва, амплитуда эхо-сигнала от которых превышает амплитуду эхо-сигнала от контрольного отражателя в СОП, или условная протяженность которых более 50 мм, или суммарная условная протяженность которых более 50 мм на любые 300 мм шва;

- протяженные дефекты в корне шва, амплитуда эхо-сигналов от которых превышает амплитуду эхо-сигналов от контрольного отражателя в СОП или условная протяженность такого дефекта превышает $1/6$ периметра шва [14].

7.3 Исправление дефектов в сварных соединениях

Сварные соединения, в которых по результатам контроля обнаружены недопустимые дефекты (признанные "не годными") подлежат удалению или ремонту с последующим повторным контролем в соответствии с требованиями СНиП III-42-80 [18].

Исправление дефектов в стыках, выполненных дуговыми методами сварки, допускается в следующих случаях:

- если суммарная длина дефектных участков не превышает $1/6$ периметра стыка;
- если длина выявленных в стыке трещин не превышает 50 мм.

При наличии трещин суммарной длиной более 50 мм стыки подлежат удалению.

Исправление дефектов в стыках, выполненных дуговыми методами сварки, следует производить следующими способами:

- наплавкой ниточных валиков высотой не более 3 мм при ремонте наружных и внутренних подрезов;
- вышлифовкой и последующей заваркой участков швов со шлаковыми включениями и порами;
- при ремонте стыка с трещиной длиной до 50 мм засверливаются два отверстия на расстоянии не менее 30 мм от краев трещины с каждой стороны, дефектный участок вышлифовывается полностью и заваривается вновь в несколько слоев;
- обнаруженные при внешнем осмотре недопустимые дефекты должны устраняться до проведения контроля неразрушающими методами.

Все исправленные участки стыков должны быть подвергнуты внешнему осмотру, радиографическому контролю и удовлетворять требованиям п. 4.32 [18]. Повторный ремонт стыков не допускается.

Результаты проверки стыков физическими методами необходимо оформлять в виде заключений. Заключения, радиографические снимки, зарегистрированные результаты ультразвуковой дефектоскопии и ферромагнитные ленты со стыков, подвергавшихся контролю, хранятся в полевой испытательной лаборатории (ПИЛ) до сдачи трубопровода в эксплуатацию.

8 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

8.1 Предпроектный анализ

Для того чтобы разработать новый технологический процесс приходится учитывать множество факторов. Целью экономической части диплома является анализ процесса с экономической точки зрения.

В данном разделе производится учет всех технико-экономических факторов на каждой стадии проекта, оценивается эффективность разработки, анализируются возможные способы исполнения процесса сварки, а также рассчитывается эффективность производства по одному из способов.

8.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Сварка магистральных трубопроводов используются во многих отраслях промышленности. Сегментируем рынок потребления продукции в зависимости от отрасли, размера компании. Карта представлена в таблице 10.

Таблица 10 – Карта сегментирования по отраслям промышленности

Параметр		Отрасль		
		Нефтяная	Коммунальная	Химическая
Размер компании	Крупные			
	Средние			
	Мелкие			
Уровень потребления продукции	Высокий			
	Средний			
	Низкий			

ЖКХ		ПАО Газпром		ПАО Сибур	
-----	--	-------------	--	-----------	--

Из таблицы видно, что основными сегментами являются крупные и средние компании нефтяной и коммунальной отраслей с высоким и средним

уровнем использования на объектах трубопроводов. Следовательно, эти компании являются наиболее заинтересованными в результатах исследования.

8.1.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

Согласно документу, СТО Газпром 2-2.2-136-2007 Инструкция по технологиям сварки при строительстве и ремонте промышленных и магистральных газопроводов. Часть I, помимо сварки методом STT и Inershield, из ручных способов сварки разрешается применять механизированную сварку в защитном газе проволокой сплошного сечения и ручную дуговую сварку покрытыми электродами.

С помощью анализа конкурентных технических решений, проведем оценку сравнительной эффективности научной разработки и определим направление для ее реализации.

Позиция разработки и конкурентов оценивается по каждому показателю экспертным путем по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \times B_i, \quad (17)$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

Оценочная карта представлена в таблице 11.

Таблица 11 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Спрос проекта	0,1	5	3	5	0,5	0,3	0,2
2. Удобство в применении	0,2	5	4	4	1	0,8	0,4
3. Возможности проекта	0,15	3	4	5	0,45	0,6	0,75
4. Универсальность	0,1	4	4	2	0,4	0,4	0,2
5. Эффективность применения	0,1	5	4	4	0,5	0,4	0,4
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность	0,1	2	5	3	0,3	0,7	0,4
2. Уровень проникновения на	0,1	5	4	4	0,5	0,4	0,4
3. Цена	0,1	4	3	3	0,4	0,3	0,3
4. Квалифицированные кадры	0,05	5	5	5	0,3	0,3	0,3
Итого	1	38	36	35	4,35	4,2	3,4
<p><i>Примечание:</i> <i>B_ф</i> – оценка профессиональных рисков при проведении работ; <i>B_{к1}</i> – прогнозная оценка профессиональных рисков;</p>							

Опираясь на полученные данные, можно судить, что модернизированная технология, рассмотренная в дипломной работе, эффективнее, чем методы, применяемые конкурентами.

8.1.3 FAST – анализ

FAST – анализ состоит из шести стадий:

1. Выбор объекта FAST-анализа;
2. Описание главной, основных и вспомогательных функций, выполняемых объектом;
3. Определение значимости выполняемых функций объектом;

4. Анализ стоимости функций, выполняемых объектом исследования;

5. Построение функционально-стоимостной диаграммы объекта и ее анализ;

6. Оптимизация функций, выполняемых объектом.

Стадия 1. Выбор объекта FAST-анализа.

В качестве предмета исследования выбран сварочный комплекс для сварки Lincoln Electric для метода STT и Innershield.

Стадия 2. Описание главной, основных и вспомогательных функций, выполняемых объектом.

Таблица 12 – Классификация функций, выполняемых объектом

Наименование детали (узла, процесса)	Количество деталей на узел	Выполняемая функция	Ранг функции		
			Главная	Основная	Вспомогательная
1. Специальный источник сварочного тока Idealarc DC-400,	1	Установка элементов комплекса		X	
2. Invertec V350-PRO	1	Образует лазер	X		
3. Invertec V300-I	1	Управление процессом	X		
4. SAM-400	1	Настройка параметров		X	
5. Источники типа Commander	1	Подача газа		X	
6. Адаптер модели K350	1	Охлаждение			X
7. LN-23P	1	Механизм подачи порошковой проволоки		X	
8. LF-33 4-х рол	1	Механизм подачи сплошной проволоки		X	
9. Сварочную горелку K345	1	Управление процессом сварки	X		
10. Сварочная горелка MAGNUM 200 FM GUN 15 035-045	1	Управление процессом сварки	X		
11. Кабель соединительный 15м	1	Подвод электроэнергии к источнику питания		X	
12. Зажим на деталь с кабелем 10м	1	Крепление детали		X	

Стадия 3. Определение значимости выполняемых функций объектом.

Для оценки значимости функций будем использовать метод расстановки приоритетов, предложенный Блюмбергом В.А. и Глущенко В.Ф. В основу данного метода положено расчетно-экспертное определение значимости каждой функции.

Для начала необходимо построить матрицу смежности функций, в которой определим более значимые из них.

Таблица 13 – Матрица смежности

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1. Специальный источник сварочного тока Idealarc DC-400,	=	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
2. Invertec V350-PRO	>	=	<	>	>	>	>	>	=	>	>	>
3. Invertec V300-I	>	>	=	>	>	>	>	>	>	>	>	>
4. SAM-400	>	<	<	=	>	=	=	=	=	=	=	=
5. Источники типа Commander	>	<	<	=	=	=	<	<	<	<	<	<
6. Адаптер модели K350	>	<	<	=	=	=	=	=	=	=	=	=
7. LN-23P	>	<	<	=	>	=	=	=	=	=	=	=
8. LF-33 4-х рол	>	<	<	=	>	=	=	=	<	=	=	=
9. Сварочную горелку K345	>	<	<	=	>	=	=	>	=	=	=	=
10. Сварочная горелка MAGNUM 200 FM GUN 15 035-045	>	<	<	=	>	=	=	=	=	=	=	=
11. Кабель соединительный 15м	>	<	<	=	>	=	=	=	=	=	=	=
12. Зажим на деталь с кабелем 10м	>	<	<	=	>	=	=	=	=	=	=	=

Примечание: «<» – менее значимая; «=» – одинаковые функции по значимости; «>» – более значимая

Преобразовываем матрицы смежности в матрицы количественных соотношений функций.

Таблица 14 – Матрица количественных соотношений функций

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Итого	Вес	
1. Специальный источник сварочного тока Idealarc DC-400,	1	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	6,5	0,042	
2. Invertec V350-PRO	1,5	1	0,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1	1,5	1,5	1,5	16	0,1	
3. Invertec V300-I	1,5	1,5	1	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	17,5	0,11	
4. SAM-400	1,5	0,5	0,5	1	1,5	1	1	1	1	1	1	1	12	0,077	
5. Источники типа Commander	1,5	0,5	0,5	1	1	1	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	8,5	0,054	
6. Адаптер модели K350	1,5	0,5	0,5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	11,5	0,074	
7. LN-23P	1,5	0,5	0,5	1	1,5	1	1	1	1	1	1	1	12	0,077	
8. LF-33 4-х рол	1,5	0,5	0,5	1	1,5	1	1	1	0,5	1	1	1	11,5	0,074	
9. Сварочную горелку K345	1,5	0,5	0,5	1	1,5	1	1	1,5	1	1	1	1	12,5	0,08	
10. Сварочная горелка MAGNUM 200 FM GUN 15 035-045	1,5	0,5	0,5	1	1,5	1	1	1	1	1	1	1	12	0,077	
11. Кабель соединительный 15м	1,5	0,5	0,5	1	1,5	1	1	1	1	1	1	1	12	0,077	
12. Зажим на деталь с кабелем 10м	1,5	0,5	0,5	1	1,5	1	1	1	1	1	1	1	12	0,077	
													Σ	156	1

Примечание: 0,5 при «<>»; 1,5 при «<>»; 1 при «=>»

Определяем значимость функций путем деления балла, полученного по каждой функции, на общую сумму баллов по всем функциям. Специальный источник сварочного тока Idealarc DC-400 $6,5/156=0,042$; Invertec V350-PRO $16/156=0,1$; Invertec V300-I $17,5/156=0,11$; SAM-400 $12/156=0,077$; Источники типа Commander $8,5/156=0,054$; Адаптер модели K350 $11,5/156=0,074$; LN-23P $12/156=0,077$; LF-33 4-х рол $11,5/156=0,074$; Сварочную горелку K345 $12,5/156=0,08$; Сварочная горелка MAGNUM 200 FM GUN 15 035-045 $12/156=0,077$; Кабель соединительный 15м $12/156=0,077$; Зажим на деталь с кабелем 10м $12/156=0,077$.

Обязательным условием является то, что сумма коэффициентов значимости всех функций должна равняться 1.

Стадия 4 Анализ стоимости функций, выполняемых объектом исследования.

Таблица 15 – Определение стоимости функций, выполняемых объектом исследования

Наименование детали (узла, процесса)	Количество во деталей на узел	Выполняемая функция	Норма расхода, кг	Трудоемкость детали, нормо-часов	Стоимость материала, руб.	Заработная плата, руб.	Себестоимость, руб.	Итого, руб	Вес
1. Специальный источник сварочного тока Idealarc DC-400	1	Установка элементов комплекса	20	5	6 000	1 000	3 000	10 000	0,075
2. Invertec V350-PRO	1	Образует лазер	1	2	9 000	2 000	4 000	15 000	0,112
3. Invertec V300-I	1	Управление процессом	30	5	10 000	2 000	4 000	16 000	0,119
4. SAM-400	1	Настройка параметров	2	3	2 000	500	1 000	3 500	0,026
5. Источники типа Commander	1	Подача газа	5	4	5 000	1 000	2 000	8 000	0,06
6. Адаптер модели K350	1	Охлаждение	5	2	3 000	800	1 500	5 300	0,04
7. LN-23P	1	Механизм подачи порошковой проволоки	5	3	6 000	1 500	2 500	10 000	0,075
8. LF-33 4-х рол	1	Механизм подачи сплошной проволоки	5	3	6 000	1 200	2 000	9 400	0,069
9. Сварочную горелку K345	1	Управление процессом сварки	5	4	7 000	1 800	3 000	11 800	0,088
10. Сварочная горелка MAGNUM 200 FM GUN 15 035-045	1	Управление процессом сварки	8	5	12 000	3 000	4 000	19 000	0,142
11. Кабель соединительный 15м	1	Подвод электроэнергии к источнику питания	5	5	8 000	2 000	3 000	13 000	0,097
12. Зажим на деталь с кабелем 10м	1	Крепление детали	5	5	7 000	2 000	4 000	13 000	0,097
								134000	1

Задача данной стадии заключается в том, что с помощью специальных методов оценить уровень затрат на выполнение каждой функции.

Стадия 5 Построение функционально-стоимостной диаграммы объекта и ее анализ.

Информация об объекте исследования, собранная в рамках предыдущих стадий, на данном этапе обобщается в виде функционально – стоимостной диаграммы (ФСД), рисунок 7.

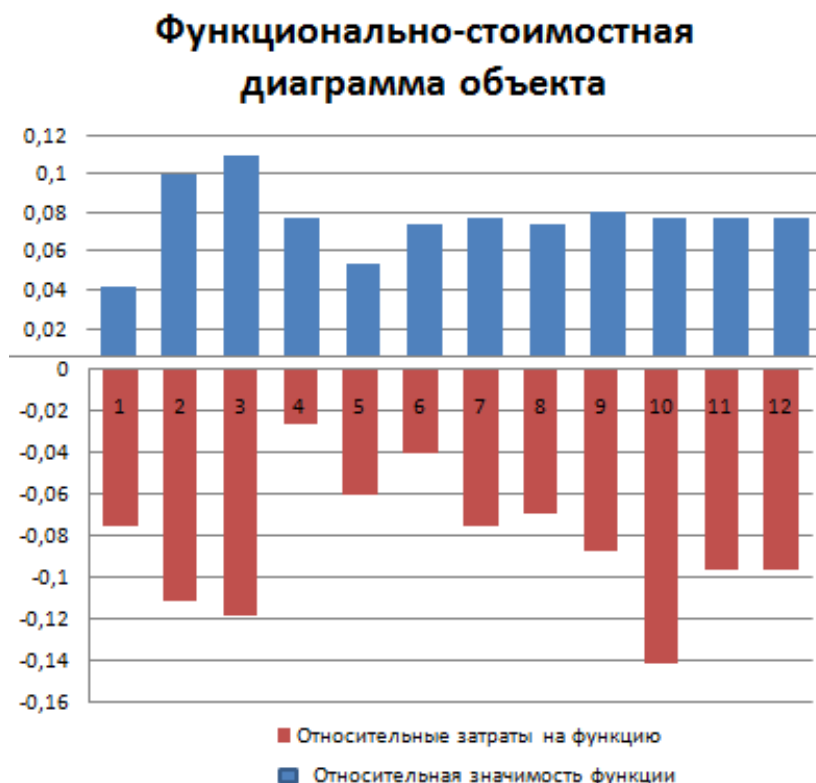


Рисунок 7 – Функционально-стоимостная диаграмма

Анализ, приведенный выше ФСД показывает явное наличие рассогласования по функции 1, 4, 10 к которым относятся специальный источник сварочного тока Idealarc DC-400, SAM-400 и сварочная горелка MAGNUM 200 FM GUN 15 035-045. Необходимо провести работы по ликвидации данных диспропорций.

Стадия 6. Оптимизация функций, выполняемых объектом.

В качестве оптимизации данных функций можно выделить следующее:

- 1) применения принципиально новых конструкторских решений;
- 2) унификации сборочных единиц и деталей;

- 3) использование новых заготовок и материалов;
- 4) оптимизация параметров надежности.

В результате проведенного FAST-анализа были выявлены слабые стороны специального источника сварочного тока Idealarc DC-400, SAM-400 и сварочной горелки MAGNUM 200 FM GUN 15 035-045, оптимизация которой приведет к уменьшению стоимости проекта и увеличению его эффективности.

8.1.4 SWOT-анализ

В этом разделе необходимо выявить сильные и слабые стороны научного проекта, а также возможности и угрозы для его дальнейшей реализации.

Первый этап – опишем сильные и слабые стороны проекта, в выявлении возможностей и угроз для реализации проекта (таблица 16).

Таблица 16 – SWOT – анализ

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1. Финансирование из государственного бюджета. С2. Фундаментальность исследования. С3. Возможность практического внедрения результатов исследования в производство	Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1. Недоступность к оборудованию Lincoln Electric Сл2. Дорогостоящее использование оборудования.
Возможности: В1. Заключение соглашения между НИ ТПУ и компаниями по строительству нефтепроводов о взаимной помощи в этом исследовании. В2. Приобретение дополнительного оборудования на кафедру ОТСП ТПУ, которое может приносить прибыль.		

Продолжение таблицы 16

Угрозы: У1. Закрытие проекта в связи с нехваткой финансов и материальной базы (специального оборудования) для проведения исследования. У2. Выход из строя труднодоступных и дорогостоящих элементов оборудования.		
---	--	--

Второй этап – выявим соответствие сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды (таблицы 17–20).

Таблица 17 – Интерактивная матрица проекта (возможности и сильные стороны проекта)

Сильные стороны проекта

Возможности проекта		C1	C2	C3
	B1	+	0	+
	B2	+	+	+

Вывод по таблице 17: коррелирующие сильные сторон и возможностей проекта – B1C1, B2C1C2.

Таблица 18 – Интерактивная матрица проекта (возможности и слабые стороны проекта)

Слабые стороны проекта

Возможности проекта		Сл1	Сл2
	B1	0	–
	B2	+	–

Вывод по таблице 18: коррелирующие слабых сторон и возможностей проекта – B2Сл1.

Таблица 19 – Интерактивная матрица проекта (угрозы и сильные стороны проекта)

Сильные стороны проекта

Угрозы проекта		C1	C2	C3
	У1	–	0	+
	У2	+	–	0

Вывод по таблице 19: коррелирующие сильных сторон и угроз проекта, У1С3, У2С1.

Таблица 20 – Интерактивная матрица проекта (угрозы и слабые стороны проекта)

Слабые стороны проекта			
Угрозы проекта			
		Сл1	Сл2
	У1	0	–
У2	+	0	

Вывод по таблице 20: коррелирующие слабых сторон и угроз проекта – У2Сл1.

Выявив соответствия сильных и слабых сторон научно исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды, можно определить потребность в проведении стратегических изменений.

Третий этап – составим итоговую матрицу SWOT-анализа (таблица 21).

Таблица 21 – SWOT-анализ

	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>С1. Финансирование из государственного бюджета.</p> <p>С2. Фундаментальность исследования.</p> <p>С3. Возможность практического внедрения результатов исследования в производство</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>Сл1. Недоступность к оборудованию Lincoln Electric</p> <p>Сл2. Дорогостоящее использование оборудования.</p>
<p>Возможности:</p> <p>В1. Заключение соглашения между НИ ТПУ и компаниями по строительству нефтепроводов о взаимной помощи в этом исследовании.</p> <p>В2. Приобретение дополнительного оборудования на кафедру ОТСП ТПУ, которое может приносить прибыль.</p>	<p>В1С1 – выделить в отдельное научное направление: проблемы сварки трубопроводов различного диаметра и толщин.</p> <p>В2С1С2 – возможность выполнять углубленные исследования по сварке трубопроводов.</p>	<p>В2Сл1 – использование отечественного аналогового оборудования, которое более доступно</p>

Продолжение таблицы 21

<p>Угрозы: У1. Закрытие проекта в связи с нехваткой финансов и материальной базы (специального оборудования) для проведения исследования. У2. Выход из строя труднодоступных и дорогостоящих элементов оборудования.</p>	<p>У1С3 – появление конкурентов по данным исследованиям с других кафедр и НИИ У2С1 – получение договоренности с заинтересованными в исследовании компаниях о предоставлении аренды комплектующих деталей</p>	<p>У2Сл1 – усовершенствование имеющихся на кафедре установок по сварке путем применения модуляторов сварочного тока</p>
--	---	---

В результате проведенного SWOT-анализа были рассмотрены сильные и слабые стороны проекта, а реальных угроз, которые могут помешать реализации проекта выявлено не было, также возможности открывают хорошие перспективы для применения разработки в промышленности.

8.1.5 Оценка готовности проекта к коммерциализации

На какой бы стадии жизненного цикла не находилась научная разработка полезно оценить степень ее готовности к коммерциализации и выяснить уровень собственных знаний для ее проведения (или завершения).

Оценка готовности научного проекта к коммерциализации (или уровень имеющихся знаний у разработчика) определяется по формуле:

$$B_{\text{сум}} = \sum B_i, \quad (18)$$

где $B_{\text{сум}}$ – суммарное количество баллов по каждому направлению;

B_i – балл по i -му показателю.

Значение $B_{\text{сум}}$ позволяет говорить о мере готовности научной разработки и ее разработчика к коммерциализации.

Оценка степени готовности научного проекта к коммерциализации представлена в таблице 22.

Таблица 22 – Оценка степени готовности научного проекта к коммерциализации

№ п/п	Наименование	Степень проработанности научного проекта	Уровень имеющихся знаний у разработчика
1.	Определен имеющийся научно–технический задел	5	5
2.	Определены перспективные направления коммерциализации научно–технического задела	5	5
3.	Определены отрасли и технологии (товары, услуги) для предложения на рынке	5	5
4.	Определена товарная форма научно–технического задела для представления на рынок	5	5
5.	Определены авторы и осуществлена охрана их прав	3	3
6.	Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности	2	2
7.	Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта	5	5
8.	Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки	2	2
9.	Определены пути продвижения научной разработки на рынок	4	4
10.	Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки	5	5

Продолжение таблицы 22

11.	Проработаны вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок	3	3
12.	Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот	3	3
13.	Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки	4	3
14.	Имеется команда для коммерциализации научной разработки	4	4
15.	Проработан механизм реализации научного проекта	5	4
ИТОГО БАЛЛОВ		60	57

Таким образом, разработка считается перспективной, а знания разработчика выше среднего. Возможно привлечение в работу эксперта по проведению процедуры оценки уровня профессиональных компетенций сотрудников, осуществляющих контрольно-надзорные мероприятия.

8.2 Инициация проекта

Группа процессов инициации состоит из процессов, которые выполняются для определения нового проекта или новой фазы существующего. В рамках процессов инициации определяются изначальные цели и содержание и фиксируются изначальные финансовые ресурсы. Определяются внутренние и внешние заинтересованные стороны проекта, которые будут взаимодействовать и влиять на общий результат научного проекта. Данная информация закрепляется в Уставе проекта [19].

Устав проекта документирует бизнес-потребности, текущее понимание потребностей заказчика проекта, а также новый продукт, услугу или результат, который планируется создать [19].

Устав научного проекта бакалаврской работы имеет структуру, представленную ниже [20].

1) Цели и результат проекта. Информацию по заинтересованным сторонам проекта представлена в таблице 23.

Таблица 23 - Заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны проекта	Ожидания заинтересованных сторон
Нефтяная промышленность	Исследование позволит получить данные, которые помогут подобрать режимы сварки и технику сварки трубопровода диаметром 530 мм и толщиной стенки 12 мм.
Строительная промышленность	

В таблице 24 представлена информация о иерархии целей проекта и критериях достижения целей.

Таблица 24 - Цели и результат проекта

Цели проекта:	Разработка формы зауженной разделки, замена старой технологии подготовки кромок перед сваркой и внедрение новой проволоки в процесс сварки.
Ожидаемые результаты проекта:	Чертеж и характеристики формы разделки.
Требования к результату проекта:	Требование:
	Выполнение поставленных задач
	Научное объяснение результатов экспериментов
	Заключение о результатах исследования

2) Организационная структура проекта. Информация об участниках проекта представлена в табличной форме (таблица 6).

Таблица 25 - Рабочая группа проекта

п/п	ФИО, основное место работы, должность	Роль в проекте	Функции
1	Хайдарова А.А., к.т.н., доцент кафедры ОТСП ИНК	Руководитель	Отвечает за реализацию, координирует деятельность участников проекта
2	Ужаченко В.Э., студент кафедры ОТСП	Исполнитель	Выполнение экспериментальной части

3) Ограничения и допущения проекта. Ограничения проекта – это все факторы, которые могут послужить ограничением степени свободы участников команды проекта, а также «границы проекта» - параметры проекта или его продукта, которые не будут реализованных в рамках данного проекта.

Таблица 26 - Ограничения проекта

Фактор	Ограничения/ допущения
3.1. Бюджет проекта	
3.1.1.Источник финансирования	Финансовой поддержке государственного задания Министерства образования и науки РФ на проведение научно-исследовательских работ ТПУ № 862
3.2. Сроки проекта:	
3.2.1. Дата утверждения плана управления проектом	—
3.2.2. Дата завершения проекта	01.06.2017 г.
3.3. Прочие ограничения и допущения	Ограничения по использованию установки Lincoln Electric

В данном разделе были определены основные цели и ожидаемые результаты от разработок, обозначены сроки завершения проекта и назначены главные участники.

8.3 Планирование управления проектом

8.3.1 План проекта

При создании нового технологического процесса предприятию необходимо правильно планировать сроки выполнения отдельных этапов работ, учитывать расходы на материалы, зарплату. А также оценивать наиболее правильный вариант разработки процесса.

Таблица 27 - Распределение этапов работы

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Создание темы проекта	1	Составление и утверждение темы проекта	Научный руководитель
	2	Анализ актуальности темы	
Выбор направления исследования	3	Поиск и изучение материала по теме	Студент
	4	Выбор направления исследований	Научный руководитель, студент
	5	Календарное планирование работ	
Теоретические исследования	6	Изучение литературы по теме	Студент
	7	Подбор нормативных документов	
	8	Изучение механизированной сварки методом STT и Innershield	
Практические исследования	9	Сварка контрольных образцов исследуемыми методами.	Студент
	10	Изучение результатов проведенной сварки	
Оценка полученных результатов	11	Анализ результатов	Научный руководитель, студент
	12	Заключение	Научный руководитель, студент

В первую очередь определяется полный перечень проводимых работ, а также продолжительность на каждом этапе. В результате планирования формируется график реализации проекта. Для построения работ необходимо соотнести соответствующие работы каждому исполнителю.

8.3.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Работа над ВКР проводилась с 12 января 2017 года по 1 июня 2017 года. В итоге, при пятидневной рабочей неделе с учетом выходных и праздничных дней получается 95 рабочих дней.

Трудоемкость работ определяется по сумме трудоемкости этапов работ, оцениваемых экспериментальным путем в человеко-днях. Она носит вероятностный характер, так как зависит от множества трудно учитываемых факторов. Поэтому для определения ожидаемой продолжительности работ $t_{ож}$ используется метод вероятностных оценок длительности работ. Он основан на использовании трех оценок

$$t_{ож} = \frac{t_{\min} + 4t_{нв} + t_{\max}}{6}, \quad (19)$$

где t_{\min} – кратчайшая продолжительность заданной работы (оптимистическая оценка),

t_{\max} – самая большая продолжительность работы (пессимистическая оценка),

$t_{нв}$ – наиболее вероятная продолжительность работы.

Для оценки трудоемкости необходимо разработать перечень работ. Выбор комплекса работ при разработке проекта производится в соответствии с ГОСТ 19.102-77 устанавливающего стадии разработки. Перечень комплекса работ приведен в таблице 28.

Таблица 28 – Комплекс работ по разработке технологического процесса сварки трубопровода

Наименование работ	ол-	ните	кол-	во	цел	Продолжительность работ, дней
--------------------	-----	------	------	----	-----	-------------------------------

			t_{\min}	t_{\max}	$t_{\text{НВ}}$	$t_{\text{ОЖ}}$
Постановка задачи	Р	2	1	2	2	2
	И		1	2	1	2













Продолжение таблицы 28

Составление, согласование и утверждение технического задания	Р	2	2	5	4	4
	И		1	2	1	2
Сбор и изучение научно-технической литературы, нормативно-технической документации	И	1	5	8	6	7
Разработка плана работ	И	1	2	3	2	3
Постановка эксперимента	Р	2	1	2	1	2
	И		3	6	5	5
Подготовка к проведению эксперимента	И	1	5	9	7	8
Проведение эксперимента	И	1	2	4	3	4
Комплексный анализ полученных данных	Р	2	1	2	2	2
	И		10	14	12	13
Оформление отчета об эксперименте	И	1	2	3	2	3
Составление полной работы	И	1	10	16	12	14
Исправление ошибок	И	1	15	23	18	21
Подготовка доклада по исследованию	Р	2	1	4	4	4
	И		2	5	5	5
Итого	Руководитель		14			
	Инженер		85			

Таким образом, общая длительность работ в календарных днях (руководителя – 14 дн., инженера – 85 дн., совместной работы – 10 дн.) равна 99 дн.

На основании таблицы 28 строим календарный план-график – диаграмму Гранта (таблица 29).

Таблица 29 – Календарный план-график проведения НИОКР по теме

№ Работ	Вид работ	Исполнители	Т _{кi} , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ										
				март			апрель			май				
				1	2	3	1	2	3	1	2	3		
1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель	4											
2	Выдача задания на тему	Руководитель	3											
3	Постановка задачи	Руководитель	3											
4	Определение стадий, этапов и сроков разработки	Руководитель, Студент	2											
5	Поиск и изучение материалов по теме	Студент	31											
6	Анализ существующего опыта	Студент	9											
7	Подбор нормативных документов	Студент	8											
8	Согласование полученных данных с руководителем	Руководитель, Студент	1											
9	Разработка системы	Студент	36											
10	Оценка эффективности полученных результатов	Студент	4											
12	Работа над выводом	Студент	2											
13	Составление пояснительной записки	Студент	7											

 – студент;  – руководитель.

Диаграмма Гранта отражает длительность исполнения работ в рамках проектной деятельности.

8.3.3 Бюджет научного исследования

При планировании бюджета НТИ должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением.

Определение затрат производится путем составления сметы затрат на разработку технологического процесса. Смета затрат состоит из прямых и накладных расходов, которые включают в себя следующие статьи:

статья 1 - основные материалы и комплектующие;

статья 2 - основная заработная плата;

статья 3 - дополнительная заработная плата;

статья 4 - социальные начисления;

статья 5 - затраты на электроэнергию;

статья 6 - затраты на специальное оборудование для научных работ;

статья 7 - накладные расходы.

8.3.4 Расчет материальных затрат НТИ

Перечень стоимости сварочного оборудования, материалов и программного обеспечения (ПО), необходимых для данной разработки приведены в таблице 30.

Таблица 30 – Основные материалы

Статья расходов	Количество	Цена ед., руб.	Сумма, руб.
Сварочная проволока сплошного сечения	2 п.м	226	452
Порошковая проволока	4 п.м	270	1080
Защитный газ (аргон)	200 л	0,2	40
Персональный компьютер	1 шт.	18000	18000
Лицензионное ПО	1 шт	10000	10000
Итого			29572

В результате планирования был сформирован график реализации проекта, учтены расходы на материалы, зарплату. А также оценен наиболее правильный вариант разработки процесса.

8.3.4.1 Расчет затрат на основную заработную плату

Затраты на заработную плату включают в себя основную, дополнительную заработные платы, а также отчисления от заработной платы.

Месячный оклад руководителя (доцент, к.т.н), исходя из среднерыночных показателей, составляет 23264,86 рублей, специалиста-лаборанта 7914,83 рублей.

Согласно полученным данным на трудозатраты, произведем расчет затрат на основную заработную плату исполнителей.

Дневная ставка равна месячному окладу, поделенному на 22 рабочих дней, то есть:

$$Z_{д} = \frac{O_{м}}{22}, \quad (20)$$

где $Z_{д}$ – заработная плата за один день,

$O_{м}$ – месячный оклад работника.

Соответственно, дневная ставка, помноженная на число рабочих дней, дает заработную плату каждого исполнителя за период разработки.

Заработная плата работников за период разработки определяется по формуле:

$$Z_{осн} = Z_{д1} \cdot T_1 + Z_{д2} \cdot T_2 \quad (21)$$

где $Z_{осн}$ – основная заработная плата, руб.,

$Z_{д1}$, $Z_{д2}$ – дневная заработная плата руководителя и инженера-программиста, руб.,

T_1 , T_2 – затраты труда руководителя и инженера соответственно, часов.

Результат расчета приведен в таблице 31.

Таблица 31 – Затраты на основную заработную плату

Исполнитель	Трудоем- кость, дней	Месячный оклад, руб.	Среднедневная заработная плата, руб.	Сумма основной заработной платы, руб.
Руководитель	14	23264,86	1058	14812
Инженер	85	7914,83	360	30600
Итого				45412

Дополнительная заработная плата определяется как 10% от основной заработной платы

$$Z_{доп} = Z_{осн} \cdot 0,1 = 45412 \cdot 0,1 = 4541 \text{ руб.} \quad (22)$$

Отчисления во внебюджетные фонды составляют 30,2 % от суммы основной и дополнительной заработной платы. Сюда входят:

- социальное страхование;
- пенсионный фонд;
- фонд занятости населения;
- медицинское страхование.

Рассчитаем отчисления от заработной платы по единому социальному налогу:

$$ВБФ = 0,302 \cdot (Z_{осн} + Z_{доп}) = 0,302 \cdot (45412 + 4541) = 15086 \text{ руб.} \quad (23)$$

Заработная плата с отчислениями по единому социальному налогу определяется по формуле:

$$Z_{полн} = (Z_{осн} + Z_{доп}) \cdot N_p + ВБФ, \quad (24)$$

где $Z_{полн}$ – затраты на заработную плату, учитывающие отчисления во внебюджетные фонды;

N_p – районный коэффициент (для Томска $N_p = 1,3$).

$$Z_{полн} = (45412 + 4541) \cdot 1,3 + 15086 = 80025 \text{ руб.}$$

В данном разделе рассчитана заработная плата для исполнителей проекта.

8.3.4.2 Расчет затрат на электроэнергию

Затраты на электроэнергию определяются по формуле:

$$C_{эл} = W_y \cdot T_p \cdot S_{эл}, \quad (25)$$

где W_y – установленная мощность, кВт,

T_p – время работы оборудования, часов,

$S_{эл}$ – тариф на электроэнергию, руб./кВт·ч.

Время работы за компьютером составляет 85 дней. Учитывая то, что рабочий день составляет 8 часов, получается 680 часов машинного времени. Работа сварочного оборудования 8 часов.

Результаты расчета затрат на электроэнергию приведены в таблице 32.

Таблица 32 – Затраты на электроэнергию

Оборудование	Потребляемая мощность, кВт	Время работы, часов	Тариф, руб./кВт·ч.	Сумма, руб.
Персональный компьютер	0,35	680	3,5	476
Освещение	0,64	680		870
Сварочное оборудование	2	8		56
Итого, руб.				1402

В данном разделе были определены затраты на электроэнергию всего необходимо 1402 рублей.

8.3.4.3 Расчет затрат на специальное оборудование для научных работ

В данном разделе рассмотрены затраты на приобретение специального оборудования (сварочного и компьютерного). Стоимость оборудования указана в таблице 33.

Таблица 33 – Стоимость специального оборудования

Статья расходов	Кол-во	Цена ед., руб.	Сумма, руб.
Сварочное оборудование Lincoln Electric	1 шт.	134000	134000
Затраты на доставку и монтаж			20100
Итого			154100

Затраты на доставку и монтаж составляют 15% от общей цены оборудования.

$$C_{д.м.} = 0,15 \cdot C_{общ} = 0,15 \cdot 134000 = 20100 \text{ руб.} \quad (26)$$

где $C_{д.м.}$ – затраты на доставку и монтаж, руб,

$C_{общ}$ – затраты на оборудование, руб.

Амортизационные отчисления определим по формуле:

$$C_A = \sum_{i=1}^n \frac{C_B \cdot N_A \cdot g \cdot t}{\Phi_{эф}}, \quad (27)$$

где n – количество видов единиц оборудования,

C_B – балансовая стоимость i -го вида оборудования,

N_A – норма годовых амортизационных отчислений для оборудования,

g – количество единиц i -го вида оборудования,

t – время работы i -го вида оборудования, час,

$\Phi_{эф}$ – эффективный фонд времени работы оборудования, час.

Эффективный фонд времени работы оборудования определяется по формуле:

$$\Phi_{эф} = D \cdot N_3, \quad (28)$$

где D – количество рабочих дней в году,

N_3 – норматив среднесуточной загрузки.

$$\Phi_{эф} = 246 \cdot 8 = 1968 \text{ час.}$$

В нашем случае при разработке использовалось две единицы оборудования – компьютер и сварочный аппарат. Балансовая стоимость сварочного аппарата - $C_B = 134000$ руб. Количество сварочных аппаратов $g = 1$. Время работы за сварочным аппаратом $t = 8$ часов. Норма годовых амортизационных отчислений для компьютера $N_A = 20\%$, для сварочного аппарата $N_A = 20\%$.

Тогда амортизационные отчисления на разработку проекта составят:

$$C_A = \frac{154100 \cdot 0,2 \cdot 1 \cdot 8}{1968} = 125 \text{ руб.}$$

В данном разделе были определены общая стоимость специального оборудования для выполнения проекта, она составила 134000 руб., плюс затраты на доставку и монтаж 20100 руб., общие затраты в этом случае равны 154100 руб. Определены амортизационные отчисления со сварочного аппарата Lincoln Electric, которые составляют 110 рублей.

8.3.4.4 Расчет накладных расходов

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д. Их величина определяется по следующей формуле:

$$C_{\text{накл}} = k_{\text{накл}} \cdot \left(\frac{C_{\text{мат}}}{7} \right), \quad (29)$$

где $k_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Накладные расходы составляют 16 % от суммы основной и дополнительной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнении темы.

$$C_{\text{накл.г}} = 0,16 \cdot (29572 + 125 + 45412 + 4541 + 15086) / 7 = 2165 \text{ руб.}$$

В данном разделе был сделан расчет накладных расходов.

8.3.4.5 Смета затрат на разработку проекта

Расчет сметы затрат на разработку приведены в таблице 34.

Таблица 34 – Смета затрат на разработку технологического процесса

Статья затрат	Сумма затрат, руб.
основные материалы и комплектующие	29572
основная заработная плата	45412
дополнительная заработная плата;	4541

Продолжение таблицы 34

социальные отчисления во внебюджетные фонды	15086
затраты на электроэнергию	1402
амортизационные отчисления	125
накладные расходы	2165
Итого	98303

В данном разделе были определены основные источники расходов для реализации данного проекта. Всего потребуется 98303 рублей.

8.4 Определение ресурсной финансовой и бюджетной эффективности исследования

8.4.1 Оценка сравнительной эффективности проекта

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности. В нашем исследовании мы можем рассчитать интегральный показатель ресурсоэффективности.

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом [20]:

$$I_m = \sum_{i=1}^n a_i b_i, \quad (30)$$

где I_m – интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов;

a_i – весовой коэффициент i -го параметра;

b_i - бальная оценка i -го параметра для аналога и разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности рекомендуется проводить в форме таблицы, которая приведена ниже. В текущем исследовании применялась сварка методом STT и Inershield. В качестве аналогов рассмотрим механизированную сварку в защитном газе

проволокой сплошного сечения (аналог 1) и ручную дуговую сварку покрытыми электродами (аналог 2).

Таблица 35 - Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Аналог 1	Аналог 2
1. Сложность постановки эксперимента	0.4	3	3	4
2. Удобство в эксплуатации	0.1	5	4	2
3. Энергосбережение	0.15	5	3	1
4. Безопасность	0.15	5	4	2
5. Стоимость эксперимента	0.2	1	3	4
Итого	1			

По формуле 20 и данным таблицы 35 рассчитаем интегральный показатель ресурсоэффективности.

$$I_m^p = 0.4 \cdot 3 + 0.1 \cdot 5 + 0.15 \cdot 5 + 0.15 \cdot 5 + 0.2 \cdot 1 = 3,4;$$

$$I_m^{a1} = 0.4 \cdot 3 + 0.1 \cdot 4 + 0.15 \cdot 3 + 0.15 \cdot 4 + 0.2 \cdot 3 = 3,25;$$

$$I_m^{a2} = 0.4 \cdot 4 + 0.1 \cdot 2 + 0.15 \cdot 1 + 0.15 \cdot 2 + 0.2 \cdot 4 = 3,05.$$

Из расчётов наглядно видна ресурсоэффективность технологического процесса методом STT и Inershield, по сравнению с другими способами сварки.

Выводы

Проведен технико–экономический анализ усовершенствования технологии сборки и сварки трубопроводов 530x12 с применением механизированной сварки методом STT и Innershield.

В результате проведенного FAST-анализа были выявлены слабые стороны сварочного комплекса для сварки Lincoln Electric, оптимизация которых приведет к уменьшению стоимости проекта, и сможет увеличить его эффективность. В качестве оптимизации можно выделить следующее:

- 1) применения принципиально новых конструкторских решений;
- 2) унификации сборочных единиц и деталей;
- 3) использование новых заготовок и материалов;
- 4) оптимизация параметров надежности.

В результате проведенного SWOT-анализа были рассмотрены слабые и сильные стороны проекта, а также возможные угрозы, из-за которых проект может не реализоваться. Исходя из анализа, можно сделать вывод, что реализация полностью оправдана, а реальных угроз выявлено не было.

Так же был сделан план исследования, в котором распределялись основные функции проекта между руководителем и дипломником и сделан расчет бюджета научного исследования в который вошли расходы на материалы и оборудование, а также сумма заработной платы исполнителей проекта. Итоговый бюджет проекта составит 98303 рублей.

По оценке ресурсоэффективности проекта, можно сделать выводы, что она выше для технологического процесса технологического процесса методом STT и Inershield, по сравнению с механизированной сваркой в защитном газе проволокой сплошного сечения и ручной дуговой сваркой покрытыми электродами.

Результаты исследования могут найти практическое применение на объектах строительства магистральных трубопроводов.

9 Социальная ответственность

9.1 Анализ сварочного производства

Объектом исследования является сборка и сварка в защитном газе неповоротных стыков трубопроводов 530x12 с применением механизма переноса капли с помощью сил поверхностного натяжения.

Используемое оборудование на рабочем месте (сварщика): источник питания Lincoln Electric Invertec STT II, механизм подачи проволоки LF-37, горелка Magnum, внешний центратор. Рабочее место сварщика расположено на открытом воздухе. Трасса газопровода проходит в лесной зоне (тайга) Западной Сибири. В районе водосбора реки Обь. Местность заболоченная, равнинная. Климат умеренный.

При выполнении сварочных работ используется проволока сплошного сечения Св-08Г2С и порошковая проволока NR-208Н. В процессе проведения сварочных работ выделяются разнообразные примеси, основными из которых являются твердые частицы и газы. Основными компонентами пыли при сварке оказываются окислы железа, марганца, хрома, кремния, фтористые и другие соединения. Наиболее вредными веществами, которые входят в состав покрытия и металла проволоки является хром, марганец и фтористые соединения. Воздух в рабочей зоне сварщика также загрязняется вредными газами окиси углерода.

В данном разделе на основе имеющихся данных о технологическом процессе и оборудовании, о имеющих веществах и материалах в рабочих зонах, о специфике работы (открытый воздух) были инфицированы следующие вредные и опасные производственные факторы:

- поражение электрическим током;
- ожог электродом, дугой или каплями расплавленного металла;
- недостаточная освещенность рабочего места;
- ультрафиолетовое излучение;

- чрезмерная запыленность и загазованность воздуха;
- пожаровзрывоопасность;
- производственный шум.

Также по результатам комплексной оценки рабочего места на наличие ВиОПФ (вредных и опасных производственных факторов) были предложены мероприятия, направленные на снижение либо устранение опасных и вредных факторов; предложены мероприятия противопожарной профилактики; изучено воздействие рассматриваемого производственного объекта и процесса на окружающую среду. И в завершении были рассмотрены ЧС, возможные для данного случая.

9.1.1 Производственный шум

Нормируемые параметры шума на рабочих местах определены согласно СанПиН 2.2.4.3359-16 "Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах".

Нормируемыми параметрами шума являются уровни в децибелах среднеквадратичных звуковых давлений, измеряемых по линейной характеристике шумомера в октавных полосах частот со среднегеометрическими частотами 63, 125, 250, 500, 2000, 4000 и 8000 Гц [21].

На рабочем месте сварщика шумящее оборудование:

- сварочные аппараты;
- приспособление для сборки и сварки;
- отрезной инструмент.

При разработке технологических процессов, проектировании, изготовлении и эксплуатации машин, производственных зданий и сооружений, а также при организации рабочего места следует принимать все необходимые меры по снижению шума, действующего на человека на рабочих местах, до значений, не превышающих допустимые.

Для оценки шума используют частотный спектр измеряемого уровня звукового давления, выраженного в дБ, в октавных полосах частот, который сравнивают с предельным спектром.

Эквивалентный уровень шума на рабочем месте сварщика не должен превышать 80 дБА (по СанПиН 2.2.4.3359-16) [22].

Применение средств и методов коллективной защиты по ГОСТ 12.1.029-80 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Средства и методы защиты от шума. Классификация». Для снижения шума применяют различные методы коллективной защиты: уменьшение уровня шума в источнике его возникновения; рациональное размещение оборудования; борьбу с шумом на путях его распространения, в том числе изменение направленности излучения шума, использование средств звукоизоляции, звукопоглощения и установку глушителей шума, акустическую обработку поверхностей помещения.

9.1.2 Освещение

Основной задачей производственного освещения является поддержание на рабочем месте освещенности, соответствующей характеру зрительной работы.

Территория строительного участка трубопровода в темное время суток должна иметь освещение в соответствии с требованиями СП 52.13330.2011 «СНиП 23-05-95*. Естественное и искусственное освещение» и СНиП 2.11.03-93. Устройство электроосвещения должно соответствовать требованиям «Правил устройства электроустановок» и СНиП 2.11.03-93 «Склады нефти и нефтепродуктов. Противопожарные нормы».

Сварочные работы относятся к VII разряду зрительных работ - работа со светящимися материалами и изделиями в горячих цехах. Норма совместного освещения при верхнем или комбинированном освещении КЕО

$e_H - 1,8 \%$. Норма искусственного освещения при системе общего освещения – 200 лк.

Для освещения строительного участка трубопровода следует применять прожекторы на мачтах, расположенных за обвалованием.

Осветительные устройства, установленные в пределах монтажа, должны быть во взрывозащищенном исполнении в соответствии с установленными требованиями.

При необходимости проведения работ в ночное время для освещения следует применять только взрывозащищенные аккумуляторные фонари, включать и выключать которые необходимо за пределами обвалования. Применение карманных фонарей запрещается.

9.1.3 Ультрафиолетовое излучение

Сварочная дуга является источников ультрафиолетового излучения по всему спектральному составу излучения.

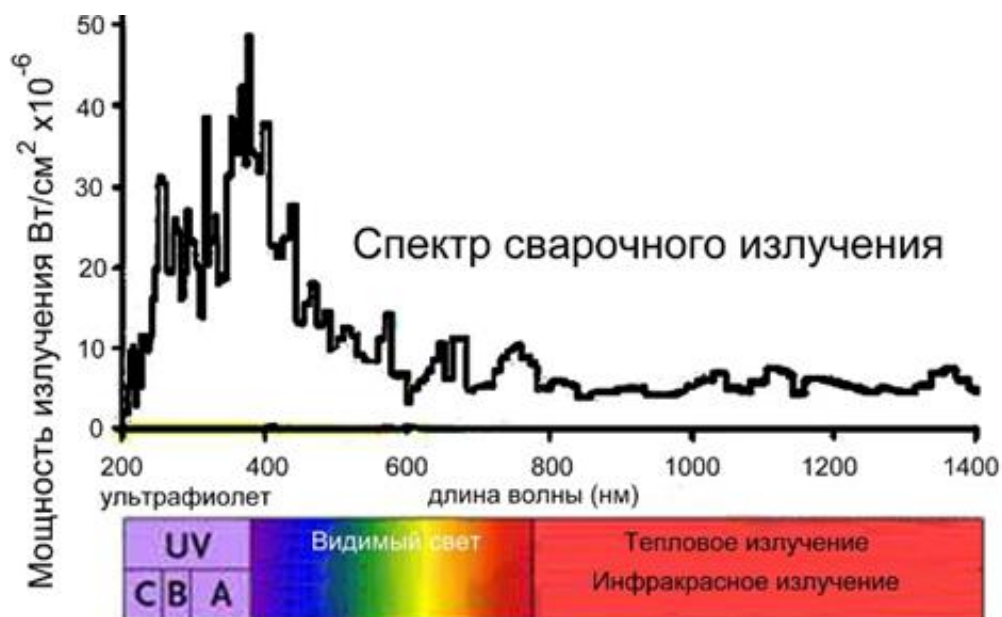


Рисунок 8 - Спектр излучения сварочной дуги

СанПиН 2.2.4.3359-16 устанавливает временные допустимые величины ультрафиолетового излучения на постоянных и непостоянных рабочих

местах от производственных источников с учетом спектрального состава излучения для областей:

- а) длинноволновой - 400-315 нм - УФ-А;
- б) средневолновой - 315-280 нм - УФ-В;
- в) коротковолновой - 280-200 нм - УФ-С.

Допустимая интенсивность облучения работающих при наличии незащищенных участков поверхности кожи не более 0,2 м и периода облучения до 5 мин, длительности пауз между ними не менее 30 мин и общей продолжительности воздействия за смену до 60 мин не должна превышать:

- а) 50,0 Вт/м - для области УФ-А;
- б) 0,05 Вт/м - для области УФ-В;
- в) 0,001 Вт/м - для области УФ-С.

Допустимая интенсивность ультрафиолетового облучения работающих при наличии незащищенных участков поверхности кожи не более 0,2 м (лицо, шея, кисти рук и так далее), общей продолжительности воздействия излучения, равной 50% рабочей смены и длительности однократного облучения свыше 5 мин и более не должна превышать:

- а) 10,0 Вт/м - для области УФ-А;
- б) 0,01 Вт/м - для области УФ-В.

Излучение в области УФ-С при указанной продолжительности не допускается.

При использовании специальной одежды и средств защиты лица и рук, не пропускающих излучение (спилк, кожа, ткани с пленочным покрытием и тому подобное), допустимая интенсивность облучения в области УФ-В + УФ-С (200-315 нм) не должна превышать 1 Вт/м .

В случае превышения допустимых интенсивностей облучения должны быть предусмотрены мероприятия по уменьшению интенсивности излучения

источника или защите рабочего места от облучения (экранирование), а также по дополнительной защите кожных покровов работающих.

9.1.3 Электробезопасность

Причины и практические условия возникновения электропоражений, несмотря на их значительное количество, можно объединить в следующие 5 групп:

- прикосновение к оголенным токоведущим частям, находящимся под напряжением;
- прикосновение к корпусам электрооборудования и конструктивно связанных с ними металлическим предметам и сооружениям, которые нормально не находятся под напряжением, но могут оказаться под ним вследствие повреждения изоляции проводов (кабелей);
- прикосновение к отключенному, но электрически заряженному оборудованию (к конденсаторам, кабелям и т. п.);
- нахождение в недопустимой близости от места замыкания провода (кабеля) на землю;
- все поражения, связанные с действием электрической дуги и продуктов ее сгорания, а также с влиянием электрических и магнитных полей повышенной напряженности.

Сварщику на своем рабочем месте приходится работать с оборудованием, находящимся под напряжением 220 В и 380 В частотой 50 Гц, поэтому возникает опасность поражения электрическим током. В нашем случае, это сварочный аппарат, УШМ, автоматы для сварки – все это представляет потенциальную угрозу для человека. Все оборудование должно быть выполнено в соответствии с требованиями ГОСТ 12.1.019–79 [23].

Основными условиями, обеспечивающими устранение электротравм являются:

- а) правильное устройство электроустановок;

- б) обученность электроперсонала;
- в) соблюдение правил по безопасному обслуживанию электроустановок;
- г) надзор за производством работ в электроустановках.

Все электрооборудование сварочных участков должно соответствовать «Правилам устройства электроустановок» (ПУЭ) [24] Кроме того, следует выполнять указания по эксплуатации и безопасному обслуживанию электросварочных установок [25]. Обслуживание электроустановок поручается лицам, прошедшим медицинский осмотр и специальное обучение.

9.1.4 Расчёт защитного заземления

У сварочного оборудования система заземления состоит из заземлителей – металлических предметов, углубленных в землю, заземляющих проводников и заземляющей магистрали. Соединение заземлителей с элементами электроустройств должно быть надежно закреплено посредством сварки. В качестве материала для выполнения заземлителей применяют сталь. В нашем случае – трубы диаметром 100 мм, которые соединены между собой, с помощью полосовой стали. Для того, чтобы уменьшить колебания удельного сопротивления грунта заземлители забивают в землю так, чтобы их верх находился на расстоянии 0,7-0,8 м от уровня земли. Тем самым достигаются более влажные и непромерзающие слои грунта.

Полосовую сталь для соединения заземлителей принимаем сечением 60x10 мм.

Оборудование работает под напряжением 380 вольт. По таблице 1 [26] определяем для нашего случая по нормам допустимого сопротивления заземлителей 4 Ом, а по таблице 4 [26] удельное сопротивление грунта (сугликон) составляет $\rho_t = 10^4$ Ом.

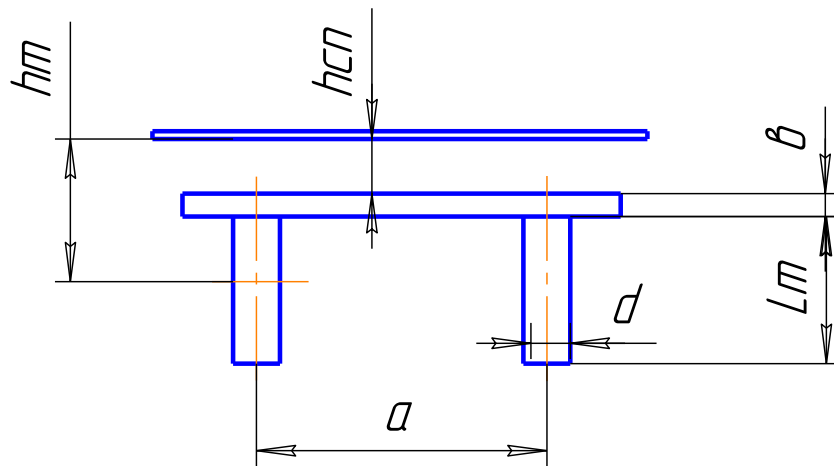


Рисунок 9 - Схема заземления

Основные геометрические параметры схемы заземления: $h_m = 2500$ мм; $h_{сп} = 800$ мм; $L_m = 3500$ мм; $d = 100$ мм; $a = 9800$ мм.

Учитывая возможность промерзания грунта зимой и просыхания летом, определяем расчетное значение $\rho_э$ и $\rho_н$ (Ом·см) при использовании трубчатых заземлителей и стальной полосы. Коэффициенты $K_э$ и $K_н$ берем из таблицы 5 [26] для соответствующей климатической зоны.

$$P_э = \rho_т \times K_э = 1 \times 10^4 \times 1,9 = 1,9 \times 10^4. \quad (31)$$

$$P_н = \rho_н \times K_н = 1 \times 10^4 \times 4,5 = 4,5 \times 10^4. \quad (32)$$

Определяем величину сопротивления растекания тока от одной забитой в землю трубы в соответствии с изложенным в [26].

$$R_э = \frac{\rho_э}{2 \times \pi \times L_m} \left(\ln \frac{2 \times L_m}{d} + 0,5 \times \ln \frac{4 \times H_m + L_m}{4 \times H_m - L_m} \right), \quad (33)$$

где L_m – длина электрода, см;

d – диаметр электрода, см;

H_m – глубина заложения, см.

Подставляем значения в формулу (34) и получаем:

$$R_э = \frac{1,9 \times 10^4}{2 \times 3,14 \times 350} \left(\ln \frac{2 \times 350}{10} + 0,5 \times \ln \frac{4 \times 250 + 350}{4 \times 250 - 350} \right) = 37 \text{ м.}$$

Определяем потребное число заземлителей (шт.) в соответствии с изложенным в [26]:

$$n = \frac{R_{\text{э}}}{r_{\text{э}}} = \frac{37}{4} = 9,2, \quad (34)$$

где $r_{\text{э}}$ – допускаемое сопротивление, Ом.

Принимаем количество труб $n = 9$ шт.

Определяем сопротивление соединительной полосы (Ом) [26]:

$$R_n = \frac{\rho n}{2 \times \pi \times L_n} \times \ln \frac{2 \times L_n^2}{h_{\text{п}}^2 \times \hat{a}} = \frac{4,5 \times 10^4}{2 \times 3,14 \times 7600} \times \ln \frac{2 \times 7600^2}{80 \times 6} = 11,2 \text{ Ом}. \quad (35)$$

Результирующее сопротивление системы заземления определяется по формуле

$$R_c = \frac{R_{\text{э}} \times R_n}{R_{\text{э}} \times r_{\text{э}} + R_n \times \eta_n \times N}, \quad (36)$$

где $\eta_{\text{э}}$ – коэффициент использования электродов, $\eta = 0,76$;

η_n – коэффициент использования полосы, $\eta_n = 0,82$.

Тогда с учетом всех значений получаем:

$$R_c = \frac{37 \times 11,2}{37 \times 0,76 + 11,2 \times 0,82 \times 9} = 3,7.$$

Проверка: $R_c < r_{\text{э}}$

$R_c = 3,7 \text{ Ом} < r_{\text{э}} = 4 \text{ Ом}$.

Таким образом, диаметр заземлителя $d = 100$ мм при числе заземлителей $n = 9$ штук на расстоянии 9,8 метра друг от друга. Длина соединительной полосы 3,5 метра, сопротивление соединительной полосы $R_n = 11,2$ Ом при глубине заложения $h_{\text{п}} = 2,5$ м, что является достаточным для обеспечения защиты при данной схеме расположения заземлителей.

9.1.5 Противопожарная безопасность

Меры пожарной безопасности и безопасных условий труда определяются исходя из конкретных условий проведения ремонтных работ, при условии строго исполнения действующих норм и правил по пожарной безопасности и охране труда.

К огневым работам относятся производственные операции, связанные с применением открытого огня, новообразованием и нагреванием до температуры, способной вызвать воспламенение материалов и конструкций (электрическая и газовая сварка, бензиновая, керосиновая или кислородная резка, кузнечные и котельные работы с применением паяльных ламп и разведением открытого огня).

Огневые работы можно производить только после выполнения всех подготовительных мероприятий, обеспечивающих полную безопасность работ.

Таблица 36 – Категория помещения, характеризующееся по пожароопасности

Категория помещения	Характеристика веществ и материалов, находящихся (обращающихся) в помещении
Г умеренная пожароопасность	Негорючие вещества и материалы в горячем, раскаленном или расплавленном состоянии, процесс обработки которых сопровождается выделением лучистого тепла, искр и пламени, и (или) горючие газы, жидкости и твердые вещества, которые сжигаются или утилизируются в качестве топлива.

Сварочный цех, рассматриваемый в данной работе, относится к категории помещений «Г»- умеренная пожароопасность.

9.1.6 Вредные вещества в воздухе рабочей зоны

Вредными основными веществами, выделяющимися при сварке сталей, являются: окись углерода, хром, марганец и фтористые соединения.

Удаление вредных газов и пыли из зоны сварки, а также подача чистого воздуха осуществляется вентиляцией. Значения ПДК вредных веществ в воздухе рабочей зоны приведены в таблице 29 согласно ГОСТ 12.1.005-88 «ССБТ. Общие санитарно - гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.»

Таблица 37 - Предельно допустимые концентрации вредных веществ, которые выделяются в воздухе при сварке металлов

Название	Вещество ПДК в воздухе рабочей зоны, мг/м ³	Класс опасности
Твердая составляющая сварочного аэрозоля		
Марганец (при его содержании в сварочном аэрозоле до 20%)	0,2	2
Железа оксид	6,0	3
Кремний диоксид	1,0	2
Хром (III) оксид	1,0	2
Хром (VI) оксид	0,01	1
Газовая составляющая сварочного аэрозоля		
Азот диоксид	2,0	3
Марганец оксид	0,3	2
Озон	0,1	1
Углерода оксид	20,0	4
Фтористый водород	0,5/1,0	2

Для защиты от вредного воздействия воздушных загрязнений (при превышении ПДК) работодатель обязан использовать самый последний, и самый ненадёжный метод - применение средств индивидуальной защиты органов дыхания, кожи, глаз.

9.1.7 Средства индивидуальной защиты

Защита от ожогов электродом, дугой или каплями расплавленного металла

Для защиты глаз и лица сварщиков используются специальные щитки и маски. Маска из фибры защищает лицо, шею от брызг расплавленного металла и вредных излучений сварочной дуги.

Спецодежда – костюм и брюки, а также рукавицы, изготавливаются из брезента и служат для защиты тела и рук от брызг сварки, и теплового излучения. Для защиты ног сварщиков используют специальные ботинки,

исключающие попадание искр и капель расплавленного металла. Перечень средств индивидуальной защиты, имеющиеся на проектируемом участке приведен в таблице 38.

Таблица 38 – Средства индивидуальной защиты, имеющиеся на проектируемом участке

Наименование средств индивидуальной защиты	Документ, регламентирующий требования к средствам индивидуальной защиты
Костюм брезентовый для сварщика	ТУ 17-08-327-91
Рукавицы брезентовые (краги)	ГОСТ 12.4.010-75
Перчатки диэлектрические	ТУ 38-106359-79
Щиток защитный для э/сварщика НН-ПС 70241	ГОСТ 12.4.035-78
Куртка х/б на утепляющей прокладке	ГОСТ 29.335-92
Каска строительная	ГОСТ 12.4.087-84

Для защиты рук от брызг и лучистой энергии применяют брезентовые рукавицы. Во избежание затекания раскаленных брызг костюмы должны иметь гладкий покррой, а брюки необходимо носить навыпуск.

Защита от ультрафиолетового излучения

Для защиты глаз от ослепляющей видимой части спектра излучения, ультрафиолетовых и инфракрасных лучей в очках и масках должны применяться защитные светофильтры. Марка светофильтра выбирается в зависимости от силы сварочного тока. В нашем случае применим стекла серии ЭЗ (200-400 А).

Защита от производственного шума

На рабочих местах промышленных предприятий защита от шума должна обеспечиваться строительно-акустическими методами.

Применение средств индивидуальной защиты по ГОСТ 12.4.051-87 Система стандартов безопасности труда. Средства индивидуальной защиты

органа слуха. Общие технические требования и методы испытаний [27]. Для защиты от шума также широко применяются различные средства индивидуальной защиты: противошумные наушники, закрывающие ушную раковину снаружи; противошумные вкладыши, перекрывающие наружный слуховой проход или прилегающие к нему; противошумные шлемы и каски; противошумные костюмы (ГОСТ 12.1.029-80. ССБТ «Средства и методы защиты от шума») [28].

Защита от поражения электрическим током

Электрозащитные средства:

-изолирующие (изолирующие штанги, изол. клещи, указатели напряжения, диэл. перчатки, галоши и боты, ручной изолирующий инструмент, диэл. ковры и изолирующие подставки, лестницы приставные и стремянки изолирующие стеклопластиковые, гибкие изолирующие покрытия и накладки для работ в электроустановках до 1кВ, устройства и приспособления для обеспечения безопасности работ при измерениях и испытаниях, спец средства защиты, устройства и приспособления изолирующие для работ под напряжением в установках под напряжением 110кВ и выше);

- основные;

- дополнительные;

- неизолирующие (плакаты и знаки безопасности, переносные заземления, защ. ограждения, сигнализаторы наличия напряжения).

Средства защиты от электрических полей повышенной напряженности (330 кВ и выше):

- коллективные средства защиты (съёмные и переносные экраны и плакаты безопасности);

- индивидуальные средства защиты (комплекты индивидуальные экранирующие) [29].

Защита от запыленности и загазованности воздуха

Для защиты от запыленности и загазованности воздуха рабочей зоны сварщиками и монтажниками используются следующие средства:

- 1) противогазы фильтрующие и изолирующие (защитная фильтрующая одежда (ЗФО), защитные комплекты (ФЛ-Ф, ФЛ-Н, ПЗО-2, КЗХЧ), защитная одежда АТК-1.);
- 2) камеры защитные;
- 3) респираторы;
- 4) простейшие средства (аптечка индивидуальная (АИ-1, АИ-2), индивидуальный противохимический пакет (ИПП-8, ИПП-9, ИПП-10, ИПП-11), пакет перевязочный индивидуальный.).

Защита при пожарах и взрывах на рабочем месте

При проведении огневых работ рабочие должны быть обеспечены спецодеждой, не имеющей следов нефтепродуктов, защитными масками (очками) и другими специальными средствами защиты. При проведении огневых работ на рабочем месте должны быть размещены первичные средства пожаротушения.

В нашем случае оборудуем участок специальными средствами пожаротушения:

- пожарной цистерной с водой (нельзя тушить электроустановки под напряжением, карбида кальция и т.д.) - 2 шт.;
- огнетушитель ОХП-10 (для тушения начинающегося пожара твёрдых горючих материалов, легковоспламеняющихся и горючих жидкостей) – 2 шт.;
- огнетушитель углекислотный ОУ-5 (для тушения горючих жидкостей, электроустановок и т.д.) – 2 шт.;
- ящик с сухим и чистым песком (для тушения различных видов возгорания).

9.2 Охрана окружающей среды

Производственные процессы не должны загрязнять окружающую среду (воздух, почву, водоемы) вредными выбросами и отходами. Удаление и обезвреживание отходов производства, являющихся источниками опасных и вредных производственных факторов, должно производиться своевременно и организованно, при этом:

Для каждого источника загрязнения атмосферы должна быть установлена предельно допустимая норма выброса в соответствии с ГОСТ 17.2.3.02-78 «Охрана природы. Атмосфера. Правила установления допустимых выбросов вредных веществ промышленными предприятиями» [30]. Степень очистки сточных производственных вод должна устанавливаться согласно своду правил СП 31.13330.2012 "СНиП 2.04.02-84*. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения". Актуализированная редакция СНиП 2.04.02-84* (утв. приказом Министерства регионального развития РФ от 29 декабря 2011 г. N 635/14) (с изменениями и дополнениями) [31] и должна отвечать требованиям Правил охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами;

Отходы производства должны подвергаться утилизации и обезвреживанию, организованному хранению в отвалах или захоронению. Особо опасные отходы должны подвергаться захоронению в специальных могильниках.

Экология и переработка отходов, в том числе и сварочного производства одна из кардинальных проблем, стоящих перед человечеством и всей мировой экономикой.

Сварочное производство не без оснований относится к довольно вредным производствам, влияющим на здоровье рабочего персонала и на окружающую среду. Ученые и разработчики сварочных технологий и присадочных материалов в качестве приоритета ставят их экологическую

безопасность и минимальное воздействие на рабочее пространство и персонал. Не менее актуальны в сварочном производстве проблемы сокращения и утилизации отходов, повышения объема рециклинга (возвращение отходов в круговорот "производство - потребление") сварных конструкций и изделий после завершения срока их эксплуатации.

Отходами в сварочном производстве газовой сварки являются:

- металлолом черных и цветных металлов и сплавов;
- отработанные абразивные круги;
- мусор от уборки территории;
- сварочный шлак;
- промасленная ветошь, картон, полиэтиленовая упаковка и др.

Сбор отходов производится:

- в специальные контейнеры;
- на специальные площадки для крупногабаритных отходов;
- в иные места (помещения) для временного хранения отходов.

В контейнеры исключается попадание атмосферных осадков и запрещается раздувание отходов. На территории предприятия устраивают специальные бетонированные или асфальтированные площадки для размещения контейнеров. Площадка должна быть с водонепроницаемым покрытием. Подъезды к местам, где установлены контейнеры, должны освещаться и иметь дорожные покрытия с учетом разворота машин и выпуска стрелы подъема контейнеровоза или манипулятора. Для предотвращения засорения территории предприятия отходами устанавливаются урны емкостью не менее 10 л. У каждого входа в производственные цеха должно быть расположено не менее 1 урны. Места размещения урн на территории предприятия определяются руководством в зависимости от интенсивности использования территории.

Для хранения отходов, обладающих пожароопасными свойствами

(отработанные масла, ветошь, масляные фильтры) организуются специальные места хранения (обособленное помещение, выполненное из металлических листов), исключающие возможность самопроизвольного возгорания [32].

9.3 Чрезвычайные ситуации

Работа по прокладке газопровода проводится в Томской области с континентально-циклоническим климатом. Природные явления (землетрясения, наводнения, засухи, ураганы и т.д.), в данном районе отсутствуют. Возможными ЧС на объекте в данном случае, могут быть сильные морозы и диверсия.

Для Сибири в зимнее время года характерны морозы. Значения температурных минимумов – 50 °С, температурных максимумов + 40 °С. Достижение критически низких температур приведет к авариям систем теплоснабжения и жизнеобеспечения, приостановке работы, обморожениям и даже жертвам среди населения. В случае переморозки труб должны быть предусмотрены запасные обогреватели. Их количества и мощности должно хватать для того, чтобы работа на производстве не прекратилась.

Чрезвычайные ситуации, возникающие в результате диверсий, возникают все чаще. Зачастую такие угрозы оказываются ложными. Но случаются взрывы и в действительности.

Для предупреждения вероятности осуществления диверсии предприятие необходимо оборудовать системой видеонаблюдения, круглосуточной охраной, пропускной системой, надежной системой связи, а также исключения распространения информации о системе охраны объекта, расположении помещений и оборудования в помещениях, системах охраны, сигнализаторах, их местах установки и количестве. Должностные лица раз в полгода проводят тренировки по отработке действий на случай экстренной эвакуации. [33].

9.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Требования по охране труда при эксплуатации трубопроводов определяются Федеральным законом от 21 июля 1997 г. N 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов», Федеральным законом от 22 июля 2008 г. N 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» (п.4 от технологических эстакад и трубопроводов - от крайнего трубопровода), Земельным кодексом РФ от 10 июля 1998 г. N 1736 (Статья 28.1. Охранные зоны трубопроводов) и Уголовным кодексом Российской Федерации от 13 июня 1996 г. N 63-ФЗ (УК РФ) (Статья 269. Нарушение правил безопасности при строительстве, эксплуатации или ремонте магистральных трубопроводов)

Ответственность за соблюдение требований промышленной безопасности, а также за организацию и осуществление производственного контроля несут руководитель эксплуатирующей организации и лица, на которых возложены такие обязанности в соответствии с должностными инструкциями.

Согласно Федеральному закону от 21 июля 1997 г. N 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» трубопровод и входящие в его состав объекты, относятся к опасным производственным объектам.

Декларация промышленной безопасности опасных производственных объектов должна содержать требования к трубопроводам.

К работам по эксплуатации трубопровода допускаются лица не моложе 18 лет, прошедшие в установленном порядке инструктаж, подготовку, не имеющие медицинских противопоказаний при работе на опасных производственных объектах.

Обслуживание и ремонт технических средств трубопроводов должны осуществляться на основании соответствующей лицензии, выданной

федеральным органом исполнительной власти, специально уполномоченным в области промышленной безопасности, при наличии договора страхования риска ответственности за причинение вреда при их эксплуатации.

Инструкции по охране труда разрабатываются руководителями участков, лабораторий и т.д. в соответствии с перечнем по профессиям и видам работ, утвержденным руководителем предприятия.

Основными документами, нормирующими работу на строительном участке трубопровода, являются:

1. Ведомственные строительные нормы ВСН 006-89 «Строительство магистральных и промысловых трубопроводов. Сварка»

2 Ведомственные строительные нормы ВСН 012-88 "Строительство магистральных и промысловых трубопроводов. Контроль качества и приемка работ. Часть II. Формы документации и правила ее оформления в процессе сдачи-приемки" (утв. приказом Миннефтегазстроя от 27 декабря 1988 г. N 375; приказом Мингазпрома от 19 мая 1989 г. N 93-ОРГ; приказом Миннефтепрома от 16 мая 1989 г. N 239)

3 Приказ Министерства труда и социальной защиты РФ от 23 декабря 2014 г. N 1101н "Об утверждении Правил по охране труда при выполнении электросварочных и газосварочных работ

4 Свод правил СП 52.13330.2011 "СНиП 23-05-95*. Естественное и искусственное освещение". Актуализированная редакция СНиП 23-05-95* (утв. приказом Министерства регионального развития РФ от 27 декабря 2010 г. N 783) (с изменениями и дополнениями)

5 Постановление Правительства РФ от 25 апреля 2012 г. N 390 "О противопожарном режиме" (с изменениями и дополнениями)

6 ГОСТ 12.4.026-2001 Система стандартов безопасности труда. Цвета сигнальные, знаки безопасности и разметка сигнальная. Назначение и

правила применения. Общие технические требования и характеристики.
Методы испытаний

7 Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 21 июня 2016 г. N 81 «Об утверждении СанПиН 2.2.4.3359-16 «Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах»

8 Межгосударственный стандарт ГОСТ 12.0.003-2015 "Система стандартов по безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация" (введен в действие приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 9 июня 2016 г. N 602-ст)

9 Государственный стандарт СССР ГОСТ 12.1.005-88 "Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны" (утв. постановлением Госстандарта СССР от 29 сентября 1988 г. N 3388) (с изменениями и дополнениями)

10 Национальный стандарт РФ ГОСТ Р 12.1.019-2009 "Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты" (утв. приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 10 декабря 2009 г. N 681-ст)

11 Национальный стандарт РФ ГОСТ Р 12.1.009-2009 "Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Термины и определения" (утв. приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 10 декабря 2009 г. N 682-ст)

12 СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 "Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы" (зарегистрированы в Минюсте России 10.06.2003, регистрационный N 4673.).

13 Межгосударственный стандарт ГОСТ 12.1.003-2014 "Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности" (введен в действие приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 29 декабря 2014 г. N 2146-ст)

Заключение

В результате выполнения выпускной квалификационной работы, был изменен процесс подготовки кромок с трех операций на одну, что позволило сократить время сборки стыка. Была произведена замена формы разделки для сварки с С17 на зауженную разделку, при этом экономия наплавленного металла составляет 26 мм².

Проведен технико-экономический анализ усовершенствования технологии сборки и сварки трубопроводов 530x12 с применением механизированной сварки методом STT и Innershield.

В результате проведенного FAST-анализа были выявлены слабые стороны сварочного комплекса для сварки Lincoln Electric, оптимизация которых приведет к уменьшению стоимости проекта, и сможет увеличить его эффективность. В результате проведенного SWOT-анализа были рассмотрены слабые и сильные стороны проекта, а также возможные угрозы, из-за которых проект может не реализоваться. Исходя из анализа, можно сделать вывод, что реализация полностью оправдана, а реальных угроз выявлено не было.

Так же был сделан план исследования, в котором распределялись основные функции проекта между руководителем и дипломником и сделан расчет бюджета научного исследования в который вошли расходы на материалы и оборудование, а также сумма заработной платы исполнителей проекта. Итоговый бюджет проекта составит 98303 рублей.

По оценке ресурсоэффективности проекта, можно сделать выводы, что она выше для технологического процесса технологического процесса методом STT и Inershield, по сравнению с механизированной сваркой в защитном газе проволокой сплошного сечения и ручной дуговой сваркой покрытыми электродами.

Проведен анализ производства на предмет выявления вредных и опасных факторов на сварочном участке. Предложены мероприятия по их предотвращению и ликвидации в случае возникновения.

Результаты работы в полной мере показывают перспективность развития данного направления и внедрения подобных установок при сварке трубопроводов.

Список использованных источников

- 1 Сварка в машиностроении: Справочник, в 4-х т./ Под. ред. Г. А. Николаев и др.- М.: Машиностроение, 1978.
- 2 Технология и оборудование сварки плавлением и термической резки / Под. ред. А. И. Акулов - М.: Машиностроение, 2003- 560 с.
- 3 Геворкян В. Г. Основы сварочного дела.- М. : Высшая школа, 1985.- 168с.
- 4 Томас К.И. Технология сварочного производства: учебное пособие / К.И. Томас, Д.П. Ильченко; Юргинский технологический институт. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. – 247 с..
- 5 Технология и оборудование сварки плавлением и термической резки / Под. ред. А. И. Акулов - М. : Машиностроение, 1977.- 560 с.
- 6 Источники питания для дуговой сварки. Ссылка на интернет-источник: <http://weldering.com/istochniki-pitaniya-dugovoy-svarki>
- 7 Теория сварочных процессов / Под. ред. В. В. Фролов - М. : Высшая школа, 1988.- 559 с.
- 8 Справочник сварщика ./ Под. ред. В. В. Степанов.- М. : Машиностроение, 1978.
- 9 Азаров Н. А. Производство сварных конструкций – Томск: Изд. НИ ТПУ, 2002.- 96 с.
- 10 Рыбаков В.М. Дуговая и газовая сварка.- М.: Высшая школа, 1988–208с.
- 11 Справочник по сварке. / Под. ред. В.А. Винокурова.- М: Машиностроение, 1970.
- 12 Оборудование для дуговой сварки / под. ред. В.В. Смирнова.- Л.: Энергоатомиздат-1986.
- 13 Дедюх Р. И. Расчёт режимов дуговой сварки – Томск: Изд. НИ ТПУ 1983.- 18с.

14 Китаев А.М., Китаев Я.А. Справочная книга сварщика -М.: Машиностроение, 1985.

15 Браткова О. Н. Источники питания сварочной дуги.- М. : Высшая школа, 1985.- 168с.

16 Ведомственные строительные нормы ВСН 006-89 «Строительство магистральных и промысловых трубопроводов. Сварка»

17 Ведомственные строительные нормы ВСН 012-88 "Строительство магистральных и промысловых трубопроводов. Контроль качества и приемка работ. Часть II. Формы документации и правила ее оформления в процессе сдачи-приемки" (утв. приказом Миннефтегазстроя от 27 декабря 1988 г. N 375; приказом Мингазпрома от 19 мая 1989 г. N 93-ОРГ; приказом Миннефтепрома от 16 мая 1989 г. N 239)

18 Приказ Министерства труда и социальной защиты РФ от 23 декабря 2014 г. N 1101н "Об утверждении Правил по охране труда при выполнении электросварочных и газосварочных работ

19 А.Д. Гитлевич и др. Техническое нормирование технологических процессов в сварочных цехах – М: Машгиз,1962.

20 Грачева К.А. Экономика, организация и планирование сварочного производства: Учебное пособие. М.: Машиностроение, 1984. - 368 с.

21 Прокофьев Ю.С. Организация планирование и управлением предприятием: Методические указания к выполнению курсовой работы. – Томск: изд. ТПУ, 1987. – 38с.

22 Свод правил СП 52.13330.2011 "СНиП 23-05-95*. Естественное и искусственное освещение". Актуализированная редакция СНиП 23-05-95* (утв. приказом Министерства регионального развития РФ от 27 декабря 2010 г. N 783) (с изменениями и дополнениями)

23 Межгосударственный стандарт ГОСТ 12.0.003-2015 "Система стандартов по безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы.

Классификация" (введен в действие приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 9 июня 2016 г. N 602-ст)

24 Государственный стандарт СССР ГОСТ 12.1.005-88 "Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны" (утв. постановлением Госстандарта СССР от 29 сентября 1988 г. N 3388) (с изменениями и дополнениями)

25 Национальный стандарт РФ ГОСТ Р 12.1.019-2009 "Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты" (утв. приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 10 декабря 2009 г. N 681-ст)

26 Национальный стандарт РФ ГОСТ Р 12.1.009-2009 "Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Термины и определения" (утв. приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 10 декабря 2009 г. N 682-ст)

27 СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 "Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы" (зарегистрированы в Минюсте России 10.06.2003, регистрационный N 4673.).

28 Межгосударственный стандарт ГОСТ 12.1.003-2014 "Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности" (введен в действие приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 29 декабря 2014 г. N 2146-ст)

29 Постановление Правительства РФ от 25 апреля 2012 г. N 390 "О противопожарном режиме" (с изменениями и дополнениями)

30 ГОСТ 12.4.026-2001 Система стандартов безопасности труда. Цвета сигнальные, знаки безопасности и разметка сигнальная. Назначение и правила применения. Общие технические требования и характеристики. Методы испытаний

31 Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 21 июня 2016 г. N 81 «Об утверждении СанПиН 2.2.4.3359-16 «Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах»

32 Белов С.В. Охрана окружающей среды. – М.: Высшая школа, 1983. – 264 с.

33 Охрана труда в машиностроении // Под ред. Е.Я. Юдина.- М.: Машиностроение, 1983. – 432 с.

34 Безопасность производственных процессов: справочник. С.В. Белов, В.Н. Бринза и др. – М.: Машиностроение, 1985. – 448 с.

35 Долин П.А. Основы техники безопасности в электрических установках. М.: Энергия, 1990. – с.336.

36 Журавлев В.Г. Защита населения и территории в чрезвычайных ситуациях. М.: Высшая школа, 1990. – 376 с.

37 Елгазин В.И. Расчет защитного заземления.