

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности
 Отделение электронной инженерии
 Направление 15.03.01 Машиностроение

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА
РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ СБОРКИ И СВАРКИ МАГИСТРАЛЬНОГО ГАЗОПРОВОДА ДИАМЕТРОМ 1020 ММ

УДК 622.691.4.053.073.3:621.791.75

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-1B51	Гринь Александр Анатольевич		03.06.2020

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ ИШНКБ	Ильященко Дмитрий Павлович	к.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Якимова Татьяна Борисовна	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Романцов Игорь Иванович	к.т.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ ИШНКБ	Першина Анна Александровна	к.т.н.		

Планируемые результаты обучения по программе

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<i>Профессиональные компетенции</i>	
P1	Применять базовые и специальные естественнонаучные, математические, социально-экономические и профессиональные знания в комплексной инженерной деятельности при разработке, производстве, исследовании, эксплуатации, обслуживании и ремонте современной высокоэффективной электронной техники
P2	Ставить и решать задачи комплексного инженерного анализа и синтеза с использованием базовых и специальных знаний, современных аналитических методов и моделей
P3	Выбирать и использовать на основе базовых и специальных знаний необходимое оборудование, инструменты и технологии для ведения комплексной практической инженерной деятельности с учетом экономических, экологических, социальных и иных ограничений
P4	Выполнять комплексные инженерные проекты по разработке высокоэффективной электронной техники различного назначения с применением базовых и специальных знаний, современных методов проектирования для достижения оптимальных результатов, соответствующих техническому заданию с учетом экономических, экологических, социальных и других ограничений
P5	Проводить комплексные инженерные исследования, включая поиск необходимой информации, эксперимент, анализ и интерпретацию данных с применением базовых и специальных знаний и современных методов для достижения требуемых результатов
P6	Внедрять, эксплуатировать и обслуживать современное высокотехнологичное оборудование в предметной сфере электронного приборостроения, обеспечивать его высокую эффективность, соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда, выполнять требования по защите окружающей среды
<i>Универсальные компетенции</i>	
P7	Использовать базовые и специальные знания в области проектного менеджмента для ведения комплексной инженерной деятельности с учетом юридических аспектов защиты интеллектуальной собственности
P8	Осуществлять коммуникации в профессиональной среде и в обществе, в том числе на иностранном языке, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты комплексной инженерной деятельности
P9	Эффективно работать индивидуально и в качестве члена команды, проявлять навыки руководства группой исполнителей, состоящей из специалистов различных направлений и квалификаций, с делегированием ответственности и

	полномочий при решении комплексных инженерных задач
P10	Демонстрировать личную ответственность, приверженность и готовность следовать профессиональной этике и нормам ведения комплексной инженерной деятельности
P11	Демонстрировать знание правовых социальных, экологических и культурных аспектов комплексной инженерной деятельности, компетентность в вопросах охраны здоровья и безопасности жизнедеятельности
P12	Проявлять способность к самообучению и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности
 Направление подготовки 15.03.01 Машиностроение
 Отделение электронной инженерии
 Период выполнения весенний семестр 2019 /2020 учебного года

Форма представления работы:

Бакалаврской работы

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	03.06.2020 г.
--	---------------

Дата контроля	Название раздела (модуля)/ Вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
01.04.2020 г.	Описание изделия	10
08.04.2020 г.	Обзор методов и технологии изготовления магистральных нефтегазопроводов	10
15.04.2020 г.	Подбор способа сварки газопровода, оборудования для сварки и сварочных материалов	10
22.04.2020 г.	Технология изготовления газопроводов	15
30.04.2020 г.	Параметры режимов сварки	10
08.05.2020 г.	Выбор технологического оборудования	15
23.05.2020 г.	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	10
30.05.2020 г.	Социальная ответственность	10
02.06.2020 г.	Заключение	10

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ ИШНКБ	Ильященко Дмитрий Павлович	К.Т.Н.		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
3-1B51	Першина Анна Александровна			

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности
Отделение электронной инженерии
Направление 15.03.01 Машиностроение

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП
_____06.02.2020 Першина А.А.
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

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

Студенту:

Группа	ФИО
3-1B51	Гринь Александру Анатольевичу

Тема работы:

Разработка технологии сборки и сварки магистрального газопровода из труб диаметром 1020 мм	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	14.02.2020 г. №45-31/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	03.06.2020 г.
--	---------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

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>	Разработка технологии сборки и сварки магистрального газопровода из труб диаметром 1020 мм
---	---

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 работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i>	1 Обзор литературы. 2 Объект и методы исследования. 3 Результаты проведенного исследования. 4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение. 5 Социальная ответственность. 6 Заключение
Перечень графического материала	1 Титульный лист 2 Актуальность данной темы 3 Цели и задачи 4 Разработка технологии сборки и сварки трубопровода 5 Характеристики сверочного оборудования 6 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность; 7 Социальная ответственность 8 Вывод
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Якимова Татьяна Борисовна
Социальная ответственность	Романцов Игорь Иванович
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	05.02.2020
--	-------------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ ИШНКБ	Ильященко Дмитрий Павлович	к.т.н.		05.02.2020

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-1B51	Гринь Александр Анатольевич		05.02.2020

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

Студенту:

Группа	ФИО
3-1В51	Гринь Александру Анатольевичу

Институт	ИШНКБ	Отделение	ОТСП
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	15.01.03 Машиностроение

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. <i>Стоимость ресурсов исследования: материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Стоимость выполняемых работ, материальных ресурсов, согласно применяемой техники и технологии, в соответствии с рыночными ценами
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	Нормы времени на выполнение операций, тарифные ставки заработной платы рабочих, нормы расхода материалов, инструмента и др.
1. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов.</i>	В соответствии с налоговым кодексом Российской Федерации. Общий налоговый режим

Перечень вопросов, подлежащих разработке:

<i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения исследования с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	Технико-экономическое обоснование целесообразности внедрения новой техники или технологии выполнения работ
<i>Планирование и формирование бюджета проекта</i>	Планирование технического проекта. Определение текущих затрат на сварочные работы
<i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	Экономическая оценка сравниваемых способов сварки

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)

1. <i>Оценка конкурентоспособности технических решений</i>
2. <i>Матрица SWOT</i>

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Якимова Татьяна Борисовна	к.э.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-1В51	Гринь Александр Анатольевич		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-1B51	Гринь А.А.

Школа	ИШНКБ	Отделение (НОЦ)	ОЭИ
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	15.03.01 машиностроение

Тема ВКР:

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ СБОРКИ И СВАРКИ МАГИСТРАЛЬНОГО ГАЗОПРОВОДА ДИАМЕТРОМ 1020 ММ	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	<i>Разработка технологии производства материалов в производственных условиях</i>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: 1.1 специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; 1.2 организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	СНиП 12-03-2001. Безопасность труда в строительстве часть 1. общие требования. СТО ГАЗПРОМ 14-2005. «Типовая инструкция по безопасному проведению огневых работ на газовых объектах ОАО "Газпром.» СТО Газпром 2-2.2-136-2007. Стандарт организации. «Инструкция по технологиям сварки при строительстве и ремонте промисловых и магистральных газопроводов. Часть I»
2. Профессиональная социальная безопасность. 2.1. Анализ вредных и опасных факторов, которые может создать объект исследования. 2.2. Разработка методов защиты от вредных и опасных факторов.	Анализ выявленных вредных факторов: - запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны; - ультрафиолетовое и инфракрасное излучение; - психофизиологические нагрузки; - пожароопасность; - электрический ток. Анализ выявленных опасных факторов: - разрушение трубопровода или его элементов, сопровождающее разлетом осколков металла и грунта; - возгорание газа при разрушении трубопровода, открытый огонь и термическое воздействие пожара; - взрыв газовойдушной смеси; - обрушение и повреждение сооружений и установок; - пониженная концентрация кислорода, задымленность. - движущиеся машины и механизмы; передвигающиеся изделия, обрушивающиеся грунты

3. Экологическая безопасность. 3.1. Анализ влияния производственного процесса на окружающую среду. 3.2. Обоснование мероприятий по защите окружающей среды.	Влияние на атмосферу, гидросферу и литосферу. Природоохранные мероприятия по обеспечению экологической безопасности. Защита селитебной зоны. Защита атмосферы. Защита гидросферы. Защита литосферы.
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. 4.1. Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований. 4.2. Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть при производстве объекта исследования на производстве. 4.3. Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС.	Основные понятия при возникновении ЧС - Авария. - Инцидент. Возможными чрезвычайными ситуациями являются пожары и ситуации природного характера.
	—

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент Отделения общетехнических дисциплин Школы базовой инженерной подготовки	Авдеева И.И.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-1В51	Гринь Александр Анатольевич		

Оглавление

Реферат	10
Введение.....	17
1 Основная часть	18
1.1 Описание свариваемой конструкции	18
1.2 Химический состав и механические свойства	18
2 Обзор методов и технологии изготовления магистральных нефтегазопроводов20	
2.1 Ручная дуговая сварка покрытыми электродами.....	20
2.2 Сварка порошковой проволокой в среде защитного газа	22
2.3 Автоматическая сварка под слоем флюса	24
3 Технология изготовления газопроводов.....	26
3.1 Подготовка сварочных материалов.....	26
3.2 Подготовка свариваемых кромок	28
3.3 Сборка деталей перед сваркой.....	28
3.4 Сварка элементов соединения	32
3.5 Отделочные операции.....	37
3.6 Свариваемость металла сварной конструкции	38
3.7 Расчет режима для механизированной сварки.....	40
4 Подбор способа сварки газопровода, оборудования для сварки и сварочных материалов	46
4.1 Выбор технологического оборудования.....	46
5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	53
5.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	53
5.2 Сравнительный экономический анализ вариантов.....	55
5.3 Определение капитальных вложений в оборудование и приспособления.....	56
5.4 Определение затрат на основные материалы.....	58
5.5 Определение затрат на заработную плату	59
5.6 Определение затрат на силовую электроэнергию	60

5.7	Определение затрат на амортизацию и ремонт оборудования	61
5.8	Анализ конкурентных технических решений	62
5.9	Расчет технико-экономической эффективности	63
5.10	Основные технико-экономические показатели участка	65
5.11	SWOT-анализ.....	65
6	Социальная ответственность	69
6.1	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности .	70
6.2	Профессиональная социальная безопасность	72
6.2.1	Анализ вредных и опасных факторов, которые может создать объект исследования.....	72
6.2.2	Разработка методов защиты от вредных и опасных факторов.....	79
6.2.3	Безопасность при транспортных и погрузочно-разгрузочных работах	80
6.2.4	Безопасность при проведении земляных работ	81
6.2.5	Безопасность сварочных работ	83
6.2.7	Защита от движущихся механизмов	85
6.3	Экологическая безопасность.....	85
6.3.1	Анализ влияния производственного процесса на окружающую среду	85
6.3.2	Обоснование мероприятий по защите окружающей среды	90
6.3.2.1	Мероприятия по охране атмосферного воздуха	90
6.3.2.2	Мероприятия по защите гидросферы.....	91
6.3.2.3	Мероприятия по защите литосферы	92
6.4	Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	93
6.4.1	Анализ вероятных чс, которые может инициировать объект исследований	93
6.4.2	Анализ вероятных чс, которые могут возникнуть при производстве объекта исследования на производстве	95
6.4.3	Обоснование мероприятий по предотвращению чс и разработка порядка действия в случае возникновения чс.....	97
	Заключение	98
	Список используемых источников.....	100

Приложение А. Операционно-технологическая карта сборки и сварки механизированной сварки порошковой проволокой в среде защитных газов неповоротных кольцевых стыковых сварных соединений труб.....	103
---	-----

Реферат

Дипломная работа 109 с., 8 рисунков, 19 таблиц, 23 источника, 1 приложение.

Ключевые слова: сварка плавлением, технология, режимы сварки, сила сварочного тока, сварочное оборудование, охрана труда и промышленная безопасность.

Актуальность работы: в данной курсовой работе производится разработка технологии сварки магистрального газопровода диаметром 1020 мм.

Объектом исследования является процесс сварки магистрального газопровода.

Цели и задачи исследования (работы). В процессе работы рассчитаны режимы сварки, подобрано сварочное оборудование/

В результате проведенной работы разработан технологический процесс, проведен сравнительный анализ способов сварки, определен экономический эффект.

Определения

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями:

Ключевые слова: сварка плавлением, технология, режимы сварки, сила сварочного тока, сварочное оборудование, охрана труда и промышленная безопасность, защита окружающей среды, сравнительные методы.

Обозначения и сокращения [4]

1. Аттестованный сварочный материал: Сварочный материал, прошедший аттестацию и имеющий свидетельство об аттестации в соответствии с требованиями [РД 03-613-03](#) [1].
2. Аттестованное сварочное оборудование: Сварочное оборудование, прошедшее аттестацию и имеющее свидетельство об аттестации в соответствии с требованиями [РД 03-614-03](#) [2].
3. Аттестованная технология сварки: Технология сварки, прошедшая приемку в конкретной производственной организации в соответствии с требованиями настоящего стандарта и имеющая свидетельство о производственной аттестации в соответствии с требованиями [РД 03-615-03](#) [3].
4. Аттестованный сварщик: Квалифицированный сварщик, прошедший аттестацию в соответствии с требованиями [ПБ 03-273-99](#) [4], [РД 03-495-02](#) [5] и имеющий аттестационное удостоверение.
5. Класс прочности труб: Прочность металла труб, оцениваемая временным сопротивлением σ_b и обозначаемая символами от К34 до К60, что соответствует нормативным значениям σ_b (кгс/мм²).
6. [\[ГОСТ Р 52079-2003](#), п. 3.15]
7. Корневой слой шва: Часть сварного шва, наиболее удаленная от его лицевой поверхности.
8. [\[ГОСТ 2601](#), п. 81]
9. Металл шва: Сплав, образованный расплавленным основным и наплавленным металлами или только переплавленным основным металлом.
10. [\[ГОСТ 2601](#), п. 121]
11. Национальная Ассоциация Контроля и Сварки, НАКС: Организация, являющаяся частью организационной структуры системы аттестации сварочного производства и осуществляющая разработку

нормативных и методических документов, методическое руководство, контроль и координацию деятельности аттестационных центров по аттестации сварщиков и специалистов сварочного производства, сварочных материалов, оборудования и технологий, ведение реестра аттестационных центров и результатов аттестаций.

12. Направление сварки: Направление движения сварочной дуги вдоль продольной оси сварного соединения.

13. [[ГОСТ 2601](#), п. 94]

14. Операционно-технологическая карта сборки и сварки: Карта операционного описания технологического процесса в технологической последовательности по всем операциям подготовки, сборки и сварки, с указанием технологических режимов сварки и данных о средствах технологического оснащения, разработанная по форме типовой операционно-технологической карты.

15. Подварочный слой корневого слоя шва: Часть сварного шва, выполняемая изнутри трубы после выполнения снаружи корневого слоя шва.

16. Полярность обратная: Полярность, при которой электрод присоединяется к положительному полюсу источника питания дуги, свариваемые элементы - к отрицательному.

17. [[ГОСТ 2601](#), п. 128]

18. Притупление кромки: Нескошенная часть торца кромки, подлежащей сварке.

19. [[ГОСТ 2601](#), п. 112]

20. Разделка кромок: Придание кромкам, подлежащим сварке, необходимой формы.

21. [[ГОСТ 2601](#), п. 110]

22. Ручная дуговая сварка: Дуговая сварка, при которой возбуждение дуги, подача электрода и его перемещение выполняются вручную.

23. [\[ГОСТ 2601\]](#), п. 16]
24. Ремонт сварного шва: Исправление в сварном шве дефектов, выявленных по результатам неразрушающих методов контроля.
25. Сварка неповоротных соединений: Сварка по замкнутому контуру во всех пространственных положениях, при которой свариваемые элементы неподвижны.
26. Сварка поворотных соединений: Сварка по замкнутому контуру в одном пространственном положении, при которой свариваемые элементы подвижны (поворачиваются, вращаются).
27. Сварка односторонняя: Сварка, выполняемая с одной стороны свариваемых элементов.
28. Сварное соединение: Неразъемное соединение, выполненное сваркой.
29. [\[ГОСТ 2601\]](#), п. 57]
30. Сварной шов: Участок сварного соединения, образовавшийся в результате кристаллизации расплавленного металла.
31. Сертификат: Документ о качестве конкретных партий труб, сварочных материалов и др., удостоверяющий соответствие их качества требованиям технических условий, а также специальным требованиям к контракту на поставку.
32. Слой сварного шва: Часть металла сварного шва, состоящая из одного или нескольких валиков, располагающихся на одном уровне поперечного сечения шва.
33. Система аттестации сварочного производства, САСв: Комплекс требований, определяющих правила и процедуру аттестации сварщиков, специалистов сварочного производства, сварочных материалов, сварочного оборудования, технологий сварки для производства сварочных работ при

изготовлении, реконструкции, монтаже и ремонте оборудования и объектов, надзор за которыми осуществляет Ростехнадзор.

34. Соединительная деталь трубопровода, СДТ: изделие (отвод, переход, днище, тройник), ввариваемое в трубопровод и предназначенное:

35. отвод - для изменения направления трубопровода;

36. переход - для изменения сечения трубопровода;

37. днище - для герметизации конца трубопровода;

38. тройник - для ответвления основного трубопровода;

39. Температура предварительного подогрева: Температура подогрева кромок сварного соединения непосредственно перед операциями сварки, как правило, указывается минимальная величина этой температуры.

40. Температура сопутствующего (межслойного) подогрева: Минимальная температура предварительного подогрева в зоне сварного шва, которая должна поддерживаться в случае прерывания сварочного процесса, а также перед сваркой последующих слоев шва после сварки предыдущих слоев.

41. Технические условия, ТУ: Документ, разработанный по решению разработчика (изготовителя) или по требованию заказчика (потребителя), регламентирующий полный комплекс требований к продукции (трубы, соединительные детали, запорная и регулирующая арматура, сварочные материалы, сварочное оборудование), ее изготовлению, контролю и приемке.

42. Угол скоса кромки: Острый угол между плоскостью скоса кромки и плоскостью торца.

43. [[ГОСТ 2601](#), п. 113]

44. Усиление сварного шва: Выпуклость шва, определяемая расстоянием между плоскостью, проходящей через видимые линии границы сварного шва с основным металлом и поверхностью сварного шва, измеренным в месте наибольшей выпуклости.

45. Центратор: Устройство для обеспечения сборки по заданным параметрам стыковых кольцевых соединений труб, соединительных деталей трубопроводов, запорной и регулирующей арматуры.

Применены следующие сокращения:

ЗРА - запорная и регулирующая арматура;

НАКС - Национальная Ассоциация Контроля и Сварки;

РТФ - разовая тигель-форма;

САСв - система аттестации сварочного производства;

СДТ - соединительная деталь трубопровода;

РД - ручная дуговая сварка покрытыми электродами/

Введение

На сегодняшний день природный и попутный нефтяной газ являются важнейшим товаром России на мировом рынке. Доля газа в общем энергобалансе России составляет 52 %, в производстве электроэнергии — 49 %, что является одним из самых больших показателей в мире. Поэтому главнейшими для нефтегазовой отрасли и всей страны в целом являются вопросы эффективной добычи и транспортировки полезных ископаемых к потребителю (или покупателю).

Районы добычи и потребления газа географически разделены значительными расстояниями. Около двух третей запасов газа находится в Северном нефтегазовом бассейне, в которые входят месторождения Надым-Пур-Тазовского района. Также крупные запасы газа находятся в Восточном нефтегазовом бассейне, к которым относятся Лено-Тунгусское (Ковыктинское, Ангара-Ленское, Чаяндинское и Юрубчено-Тохомское месторождения), Лено-Вилуйское. [25]

Основными потребителями природного и попутного нефтяного газа являются центральные и западные регионы. В связи с этим, одной из наиболее существенных является проблема транспортировки газа с заданным давлением к конечному потребителю. Безусловным лидером среди различных способов доставки является трубопроводный транспорт – магистральные трубопроводы. В этом целесообразно рассмотрение вопроса качественной сварки сооружения магистральных трубопроводов как фактора, во многом определяющего последующую надежность их функционирования, от которой в значительной степени зависит безопасность самого трубопроводного транспорта и благосостояние страны в целом.

1 Основная часть

1.1 Описание свариваемой конструкции

Трубопровод представляет собой замкнутую оболочку, изготовленную из листового проката. Он состоит из соединенных сваркой труб, ограниченных между собой промежуточными запорными арматурами, нагнетающими насосами. Трубопровод относится к сварным конструкциям со стенками из листов средней толщины от 2-32 мм, соединенных между собой стыковыми продольными, кольцевыми швами, выполняемыми с разделом кромок.

Под трубопроводом подразумевается инженерная коммуникация, при которой подача рабочего вещества осуществляется через трубы (вода, газ, нефть и т.д.). Чтобы обеспечить качественную подачу, необходимо не только правильно его проложить, но и время от времени проводить ремонтные и профилактические работы.

1.2 Химический состав и механические свойства

Для сварки магистрального газопровода используется труба диаметром 1020 мм. Для изготовления трубы для подземных магистральных трубопроводов используют сталь – 17Г1С ГОСТ 19281-89 – конструкционная низколегированная сталь.

Условное обозначение трубы: Труба ХЛ – 3 – 1020 – К54 – ОТО.

ХЛ – хладостойкое исполнение обеспечивает требования по ударной вязкости при температуре от -20 °С до -60 °С;

3 – прямошовные трубы, диаметром от 530 – 1420 мм;

1020 – диаметр трубы, мм;

К- 54 – класс прочности материала труб;

Предел прочности, МПа – 530;

Относительное удлинение, % - 2;

ОТО – объемная термическая обработка.

Выбор данной марки стали обусловлен необходимостью надежности конструкции в сочетании с хорошей технологической свариваемостью и небольшой себестоимости [5].

Химический состав стали 17Г1С приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Химический состав стали 17Г1С, % (ГОСТ 19281-89) [5]

C	Si	Mn	Al	S	P	Cr	V	N	Ni	Cu	As
Не более											
0,15-0,2	0,4-0,6	1,15-1,6	0,02-0,05	0,035	0,03	0,3	0,12	0,008	0,3	0,3	0,08

Физические характеристики стали 17Г1С допускают применение для эксплуатации при высоких давлениях в диапазоне температур от -40С до +475С. Марка относится к низколегированным конструкционным сплавам без ограничений по свариваемости. К выпускаемым из этого материала видам проката относятся трубы ГОСТ 8732-78, лист ГОСТ 19903-74 и 19282-73, полоса ГОСТ 82-70, уголок, швеллер, круг и некоторые другие.

Сталь применяется для монтажа трубопроводов, транспортирующих среду с предельным давлением до 75 кг/см², нагреваемых элементов металлоконструкций, несущих и опорных узлов.

Свариваемость [6]:

Основные признаки, характеризующие свариваемость сталей, - это склонность к образованию трещин и механические свойства сварного соединения.

2 Обзор методов и технологии изготовления магистральных нефтегазопроводов

Проблема качественного сооружения магистральных трубопроводов автоматически распадается на более мелкие, поскольку качество строительства сооружения всего трубопровода в целом зависит от качества отдельных видов работ, выполняемых при строительстве: подготовительных, земляных, сварочно-монтажных, изоляционно-укладочных, испытаний. Важнейшим процессом, очень сильно влияющим на эксплуатационные характеристики будущего сооружения, являются сварочно-монтажные работы. На сегодняшний день сварка является единственным способом соединения отдельных труб в секции (укрупнительная сварка поворотных стыков) и в непрерывную нитку (сварка неповоротных стыков). Самым распространенным в трубопроводном строительстве России для сварки неповоротных стыков является ручная дуговая сварка покрытыми электродами.

2.1 Ручная дуговая сварка покрытыми электродами [1]

Сварка деталей покрытым металлическим электродом возможна благодаря высокой тепловой мощности сварочной дуги, под воздействием которой металлы расплавляются. При сварке покрытым электродом сварная дуга расплавляет основной металл и, в то же время, металлический электрод. Под воздействием сварочной дуги расплавляется покрытие нанесенное на поверхность электрода. В состав покрытия входят измельченные компоненты разного назначения — шлакообразующие, газообразующие, связывающие, раскислители и другие. Шлак, полученный плавлением покрытия, обволакивает сварную ванну и защищает жидкий металл от взаимодействия с атмосферными газами. Также покрытие выделяет газы при расплавлении его компонентов,

защищающие дугу и зону сварки от воздуха. Это способствует стабильному и стойкому горению дуги. Значительные преимущества металлургической структуры наплавленного электродами металла в главном образом обусловлены точно и тщательно контролируемым химическим балансом между тремя элементами – алюминием, кремнием и марганцем. Эта комбинация, также, формирует необходимый уровень раскисления, который снижает либо ограничивает уровень пористости металла шва, коррозионные и пластические свойства, обеспечивает стойкость к образованию трещин. Кроме того, покрытие электродов содержит различные легирующие добавки, позволяющие достичь желаемых механических свойств, таких как ударная вязкость металла шва, свойства сопротивления распространению трещин (СТОД), пластичность и прочность.

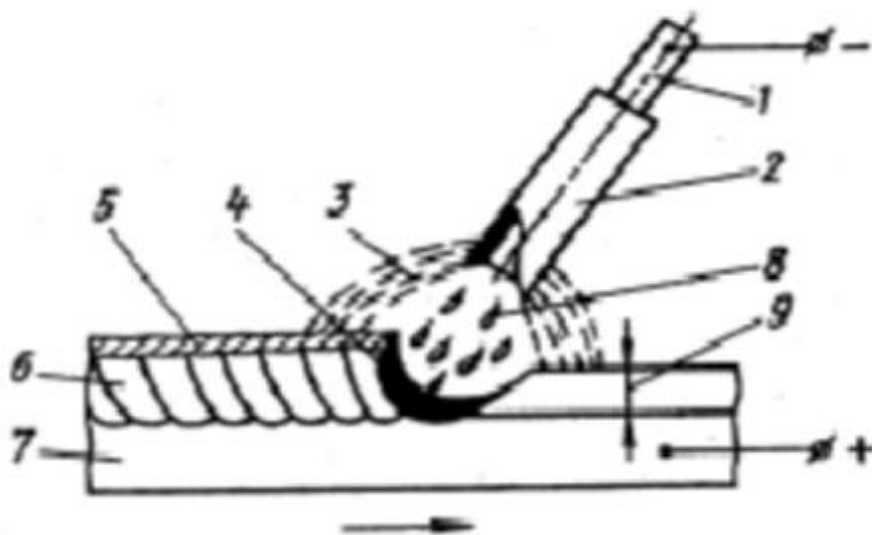


Рисунок 1 Ручная дуговая сварка покрытым электродом [1]

1 – металлический стержень; 2 – покрытие электрода; 3 – газовая атмосфера дуги; 4 – сварочная ванна; 5 – затвердевший шлак; 6 – закристаллизовавшийся металл шва; 7 – основной металл; 8 – капли расплавленного электродного металла; 9 – глубина проплавления

Преимущества данного вида сварки:

1. Универсальная и сравнительно недорогая схема оборудования для сварки.
2. Мобильность оборудования.
3. Сварка ручным дуговым методом выполняется во всех пространственных положениях и в местах с ограниченным доступом.

2.2 Сварка порошковой проволокой в среде защитного газа [3]

Механизация и автоматизация сварочного производства – важнейшее средство повышения производительности труда, повышения качества сварного изделия, улучшения условий труда.

Как вариант можно рассмотреть хорошо себя зарекомендовавший способ сварки порошковой проволокой в среде углекислого газа. Однако наиболее перспективным, в силу ряда объективных, экономических и технологических обстоятельств, следует считать применение для защиты зоны сварки – смесь газов.

Порошковая проволока представляет собой трубчатую, часто сложного внутреннего сечения, проволоку, заполненную порошкообразным наполнителем. Порошкообразный наполнитель имеет состав, обычно соответствующий покрытиям основного типа с отношением его массы к массе металлической оболочки в пределах 15...40 %. Сохраняя технологические преимущества голой проволоки, порошковая проволока позволяет создавать газовую и шлаковую защиту металла сварочной ванны от воздуха, обеспечивать легирование металла шва и его очистку от вредных примесей. Надёжность защиты металла сварочной ванны от атмосферного воздуха можно характеризовать по содержанию азота (попадающего в металл

шва именно из воздуха). Так, при сварке порошковой проволокой содержание азота обычно не превышает 0,02...0,025 %.

Порошковая проволока состоит из металлической оболочки и порошкового сердечника (рисунок 2).

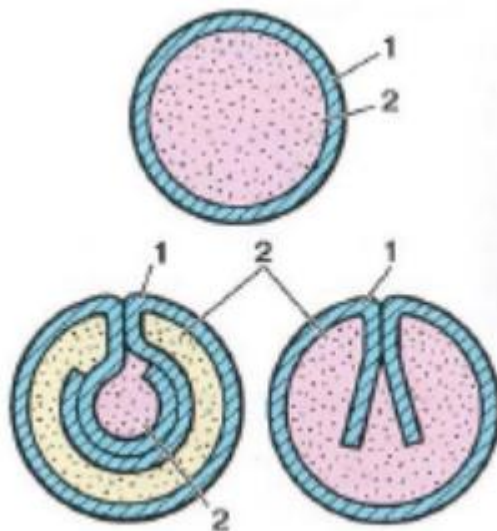


Рисунок 2 Внешний вид проволоки порошковой [3]

Металлическая оболочка, к которой через поверхность подводится сварочный ток, удерживает порошковый сердечник и позволяет осуществлять непрерывный процесс плавления при малом вылете электрода. Тем самым предотвращается преждевременное термическое разложение компонентов сердечника. Особенности этого сварочного материала позволяют применять бóльшие плотности тока. Этим достигается высокая производительность плавления.

Сердечник порошковой проволоки представляет собой смесь порошков минералов, руд, химикатов, ферросплавов и металлических порошков. Он выполняет функции, аналогичные функциям электродного

покрытия, – стабилизацию дугового разряда, защиту металла от воздуха, раскисление и легирование металла шва, регулирование процесса переноса

расплавленного электродного металла в сварочную ванну, формирование шва и др.

Газообразующие материалы служат для создания защитной газовой среды в зоне плавления. Ими могут быть органические вещества (крахмал, целлюлоза), карбонаты преимущественно щелочноземельных и щелочных металлов (мрамор, магнезит, кальцинированная сода), фториды с низкой температурой диссоциации.

2.3 Автоматическая сварка под слоем флюса

Применение автоматической сварки под флюсом для сооружения магистральных трубопроводов позволяет добиться уровня механизации сварочных работ до 50 %.

Этот способ сварки имеет достаточно высокую производительность, высокое качество и стабильность свойств сварного соединения, улучшенные условия работы, более низкие, чем при ручной дуговой сварке, расходы сварочных материалов и электроэнергии. К минусам этого способа сварки отнесем, возможность сварки только в нижнем положении из-за того, что флюс и расплавленный металл стекают вниз, при отклонении плоскости шва от горизонтального положения больше чем на 10-15°.

Автоматическая сварка под слоем флюсом рекомендована для металла с толщиной больше 4 мм с получением прямолинейных и кольцевых (диаметром 80 мм и выше) швов.

Автоматическую сварку можно выполнять как с разделкой кромок (при больших толщинах металла), так и без нее. Для предупреждения прожогов при односторонней сварке применяют остающиеся (стальные) и съемные подкладки

ОПИСАНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКОГО ПОСРЕДСТВА

секций вместо одиночных 12-метровых труб позволяет существенно увеличить темп сооружения трубопровода. При строительстве магистральных трубопроводов наиболее распространены две типовые схемы трубосварочных баз:

- для односторонней автоматической сварки под флюсом по ручной подварке типа ССТ-ПАУ и БНС (полумеханизированные базы);
- для двусторонней автоматической сварки под флюсом типа БТС (механизированные базы).

Электродуговая сварка в среде защитных газов отличается от сварки под слоем флюса тем, что горение дуги идет (в соответствии с названием) в газовой среде, создаваемой в зоне сварки. Эта среда может состоять из углекислого газа, гелия, аргона или их комбинаций

3 Технология изготовления газопроводов

3.1 Подготовка сварочных материалов [3]

Сварочные материалы должны проходить входной контроль в порядке, установленном в ПАО «Газпром» и в организации, выполняющей сварочные работы при строительстве и ремонте газопроводов. При входном контроле следует проверять:

- наличие сертификатов качества (для сварочных материалов импортного производства - дубликатов сертификатов качества на русском языке);
- сохранность упаковки;
- внешний вид;
- сварочно-технологические свойства.

Сварочные материалы следует хранить в соответствии с рекомендациями заводов-изготовителей, при этом сварочные электроды следует хранить в помещениях при температуре воздуха не ниже $+15^{\circ}\text{C}$, относительной влажности не более 60 %.

Главное назначение прокалки сварочных электродов – уменьшение количества влаги в их обмазке.

Электроды с основным видом покрытия, перед сваркой должны быть прокалены в соответствии с рекомендациями изготовителя. При отсутствии рекомендаций изготовителя, электроды должны быть прокалены при температуре $+350^{\circ}\text{C}$ до $+380^{\circ}\text{C}$ в течение от 1 до 2 ч.

Электроды с основным видом покрытия после прокалки должны храниться:

- в термостатах (термопечалах), сушильных шкафах, прокаленных печах при температуре от $+100^{\circ}\text{C}$ до $+150^{\circ}\text{C}$;
- в герметичных емкостях в сухих отапливаемых помещениях при температуре воздуха не ниже $+15^{\circ}\text{C}$ и относительной влажности не более 60 % в течение не более 2-х суток; после истечения 2-х суток перед использованием электродов требуется повторная прокалка.

Повторная прокалка электродов с основным видом покрытия должна проводиться не более 5 раз, при общем времени прокалки не более 10 ч.

Проволоки сплошного сечения, порошковые проволоки, в т.ч. самозащитные порошковые проволоки марки «Иннершилд», не требуют предварительной сушки, прокалки перед сваркой. После вскрытия упаковки проволока должна быть использована в течение 24 ч, в случае хранения на открытом воздухе, исключая попадание влаги. При попадании влаги или хранении проволоки в открытой упаковке более 24 ч перед использованием проволоки требуется просушка.

3.2 Подготовка свариваемых кромок

Перед сборкой труб под сварку проверяют правильность подготовки фасок кромки стыкуемых труб. Торцы труб должны быть зачищены до металлического блеска с внутренней и наружной сторон на длине не менее 20 мм (рисунок 6). Не допускается наличие на зачищенных поверхностях грязи, масла, влаги, окалины и продуктов коррозии.

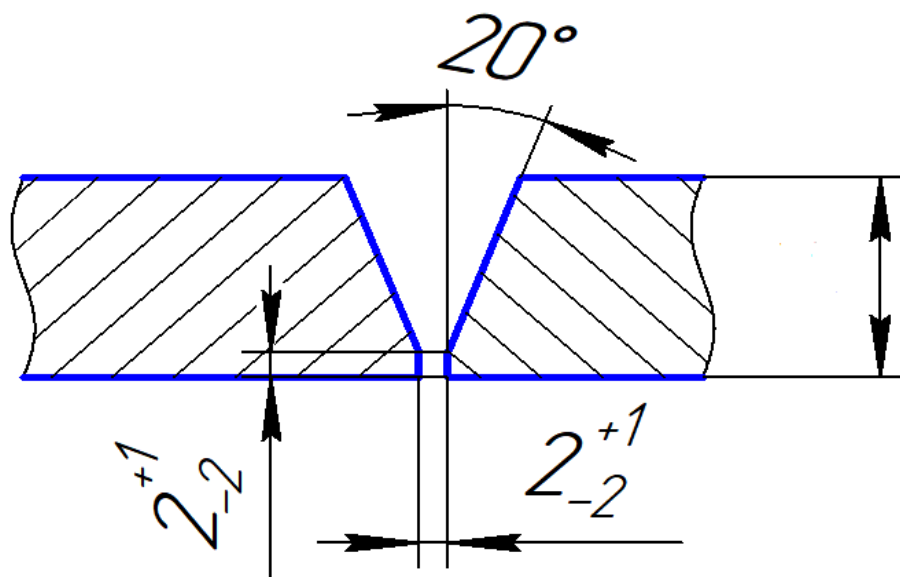


Рисунок 4 Разделка кромок свариваемых деталей

3.3 Сборка деталей перед сваркой

Подготовка, сборка, сварка соединений труб, труб с СДТ, ЗРА должны выполняться в соответствии с требованиями операционно-технологических карт сборки и сварки и утвержденных организацией, выполняющей сварочные работы.

Дефекты наружной поверхности механического происхождения (риски, продиры, царапины) концов труб, должны быть устранены механическим способом шлифмашинками, при этом толщина стенки концов труб, СДТ после механической обработки не должна выйти за пределы минусовых допусков.

Свариваемые кромки труб с забоинами глубиной до 5,0 мм включ. допускается ремонтировать сваркой с последующей механической зачисткой мест исправления дефектов до восстановления необходимого угла скоса и притупления кромки. Ремонт следует выполнять с обязательным предварительным подогревом дефектного участка до температуры $+100+30^{\circ}\text{C}$ для труб с толщиной стенки до 27,0 мм включительно или до температуры $+150+30^{\circ}\text{C}$ для труб с толщиной стенки более 27,0 мм электродами с основным видом покрытия диаметром от 2,5 до 3,25 мм, при этом тип электродов должен соответствовать классу прочности основного металла труб.

Концы труб с плавными вмятинами глубиной до 3,5% включительно от номинального диаметра труб, а также овальностью в пределах значений, регламентированных специальными ТУ, ГОСТ, следует устранить с помощью безударных разжимных устройств (калибраторов) гидравлического типа с обязательным местным подогревом независимо от температуры окружающего воздуха до температуры от $+100^{\circ}\text{C}$ до $+150^{\circ}\text{C}$ для труб из стали с классом прочности до K54 включительно, либо до температуры от $+150^{\circ}\text{C}$ до $+200^{\circ}\text{C}$ для труб из стали с классом прочности выше K54. Не допускается правка концов труб ударным инструментом.

После правки плавных вмятин, с целью выявления возможных расслоений, необходимо выполнить ультразвуковой контроль поверхности трубы в границах, превышающих размеры вмятин на величину не менее 40 мм.

Концы труб с рисками, задирами, царапинами глубиной более минусового допуска на толщину стенки, забоинами глубиной более 5,0 мм, наружными дефектами (риски, задиры, царапины) глубиной более 5,0 % от

номинальной толщины стенки, плавными вмятинами глубиной более 3,5 % от номинального диаметра труб, а также любыми вмятинами, исправлению не подлежат и должны быть отрезаны.

После вырезки дефектного участка трубы с повреждениями, а также во всех случаях резки труб, с целью выявления возможных расслоений, необходимо выполнить ультразвуковой контроль всего периметра участка трубы на ширине не менее 40 мм от резаного торца. При наличии расслоений торец трубы должен быть отрезан на расстояние не менее 300 мм и произведен повторный ультразвуковой контроль в аналогичном порядке.

Допускается производить резку труб, с применением оборудования механизированной орбитальной газовой или воздушно-плазменной резки с последующей механической обработкой резаных торцов труб станком подготовки кромок или шлифмашинками до требуемой разделки, при этом, в случае обработки торцов труб станком подготовки кромок, металл резаных торцов должен быть предварительно сошлифован механической обработкой шлифмашинками на глубину от 0,5 до 1,0 мм, а внутреннее усиление заводского шва должно быть сошлифовано «заподлицо» с внутренней поверхностью трубы.

После механической обработки концы труб должны быть защищены от механических повреждений обечайками, а также для предотвращения попадания внутрь труб влаги, снега и др., их концы должны быть закрыты инвентарными заглушками.

Допускается выполнять расточку изнутри трубы («нутрение») шлифмашинками. После «нутрения» следует проверить соответствие минимальной фактической толщины стенки в зоне свариваемых торцов допускам, установленным в ТУ.

Контроль размеров подготовки кромок труб под сварку должен выполняться универсальными шаблонами типа УШС.

Внутренняя полость труб, СДТ и ЗРА перед сборкой должна быть очищена от попавшего грунта, снега и других загрязнений. При очистке внутренней полости труб с внутренним гладкостным покрытием его целостность не должна быть нарушена.

Свариваемые кромки и прилегающие к ним внутренние и наружные поверхности свариваемых элементов должны быть зачищены механическим способом шлифмашинкой на ширину не менее 15 мм до металлического блеска. Усиление заводских швов снаружи трубы должно быть удалено механическим способом (шлифованием) до остаточной величины от 0,5 до 1,0 мм на расстоянии от 10 до 15 мм от торца трубы.

Наружные центраторы не должны оставлять недопустимых дефектов, загрязнений (масляных пятен и др.) на наружной поверхности свариваемых элементов (рисок, царапин и др.).

При сборке заводские швы свариваемых труб, СДТ, ЗРА рекомендуется располагать в верхней половине периметра, при этом их следует смещать друг относительно друга на расстояние не менее:

- 100 мм для сварных соединений DN (Ду) 500 и более.

Не допускается в процессе сборки соединений труб, труб с СДТ, ЗРА с применением центраторов для установления необходимых параметров сборки (зазора, смещения кромок) применять ударный инструмент.

Собрать стыковое соединение газопровода с помощью наружного центратора, выдерживая требуемый зазор в соответствии с рисунком 4.

Выполнить прихватки в количестве 4-5 штук, длиной 60-100 мм и высотой 2-3мм равномерно по периметру. Зачистить прихватки от шлака и грязи. [1]

Собрав стыковое соединение, следует его проконтролировать:

- соосность труб проверяют линейкой длиной 400 мм,

- допускаемый просвет между трубой и линейкой на расстоянии 200 мм от стыка — 2мм.

Допускаются смещения кромок при сборке стыковых соединений:

а) электросварных труб, при этом:

- наружное смещение стыкуемых кромок с номинальной толщиной стенки 10,0 мм и более не должно превышать 20 % толщины стенки, но не более 3,0 мм;

Прихватки должны располагаться на расстоянии не ближе 100 мм от заводских швов свариваемых элементов. Начальный и конечный участок каждой прихватки следует обработать механическим способом шлифмашинкой для обеспечения плавного перехода при сварке первого (корневого) слоя шва.

Измерение величины смещения кромок при сборке следует выполнять универсальными шаблонами типа УШС по наружным поверхностям или специальными шаблонами по внутренним поверхностям свариваемых элементов.

3.4 Сварка элементов соединения

Способы сварки: РДС, сварка под слоем флюса, сварка плавящимся электродом в защитном газе, электрошлаковая сварка и контактная [6].

Принимаем сварку плавящимся электродом в смеси газов ($Ar+CO_2$) по ТУ 2114-004-00204760-99, т.к. существует ряд преимуществ этих способов:

- возможность вести механизированную сварку, а т. к. в изготавливаемом изделии есть сварные швы протяженностью больше двух метров, то возможность использования автоматической сварки очень важна;

- высокая производительность;

- высокие механические свойства сварных соединений;

- меньшая склонность к образованию горячих трещин;
- меньшая себестоимость сварочных работ.

Для изготовления смеси газов используются двуокись углерода и аргон.

Двуокись углерода – бесцветный газ (в нормальных условиях), почти без запаха (в больших концентрациях с кисловатым «содовым» запахом), с химической формулой CO_2 . Он хорошо растворяется в воде. Жидкая углекислота – бесцветная жидкость, плотность которой сильно изменяется с изменением температуры. Вследствие этого углекислота поставляется по массе, а не по объёму. При испарении 1 кг углекислоты образуется 509 литров двуокиси углерода [7].

Двуокись углерода поставляется по ГОСТ 8050-85 трёх сортов. В качестве инертного газа в смесь входит аргон по ГОСТ 10157 – 79.

В качестве инертного газа в смесь входит аргон по ГОСТ 10157 – 79.

Требования к техническим характеристикам защитных (активных и инертных) газов и смесей для механизированной и автоматической сварки

Таблица 2 – Характеристика защитных газов. [1]

Наименование показателя	Требование
а) Аргон газообразный должен иметь:	
- объемную долю аргона не менее	99,9930 %
- объемную долю азота не более	0,0050 %

Окончание таблицы 2

- объемную долю кислорода не более	0,0007 %
- массовую концентрацию водяных паров при 20 °С и давлении 760 мм. рт. ст. не более	0,01 г/см ³
б) Двуокись углерода газообразная и жидкая должна иметь:	
- объемную долю двуокиси углерода не менее	99,6 %
- точку росы не выше	-48 °С
в) Смесь газообразная аргона и двуокиси углерода должна иметь:	
- массовую долю влаги не более	0,008 %
- объемную долю азота не более	0,010%
- предельные отклонения объемной доли двуокиси углерода в зависимости от состава смеси:	
- 15% CO ₂ - 85% Ar	± 1,5%
- 25% CO ₂ - 75% Ar	± 2,5 %
- 50% CO ₂ - 50% Ar	± 5,0 %

При сварке в защитном газе сварочная электродная проволока является единственным материалом, через который можно в достаточно широких пределах изменять состав и свойства металла шва. Состав металла шва выбирают близким к составу основного металла, при этом необходимые свойства металла получают за счёт сварочной проволоки. Сварку ведут проволокой с повышенным содержанием элементов - раскислителей. Выбираем проволоку Innershield NR-203Ni1 (1%) диаметром 2 мм и для выполнения корневого шва Innershield NR-204H Ø1,7.

Проволока Innershield это ручной покрытый электрод «вывернутый наизнанку» и изготовленный в виде непрерывной проволоки. Внешний диаметр такой проволоки колеблется в пределах от 0,35” (0,9 мм) до 5/64” (4,0 мм) в зависимости от размеров электрода. С помощью такой порошковой проволоки практически любую работу можно выполнить гораздо более эффективно.

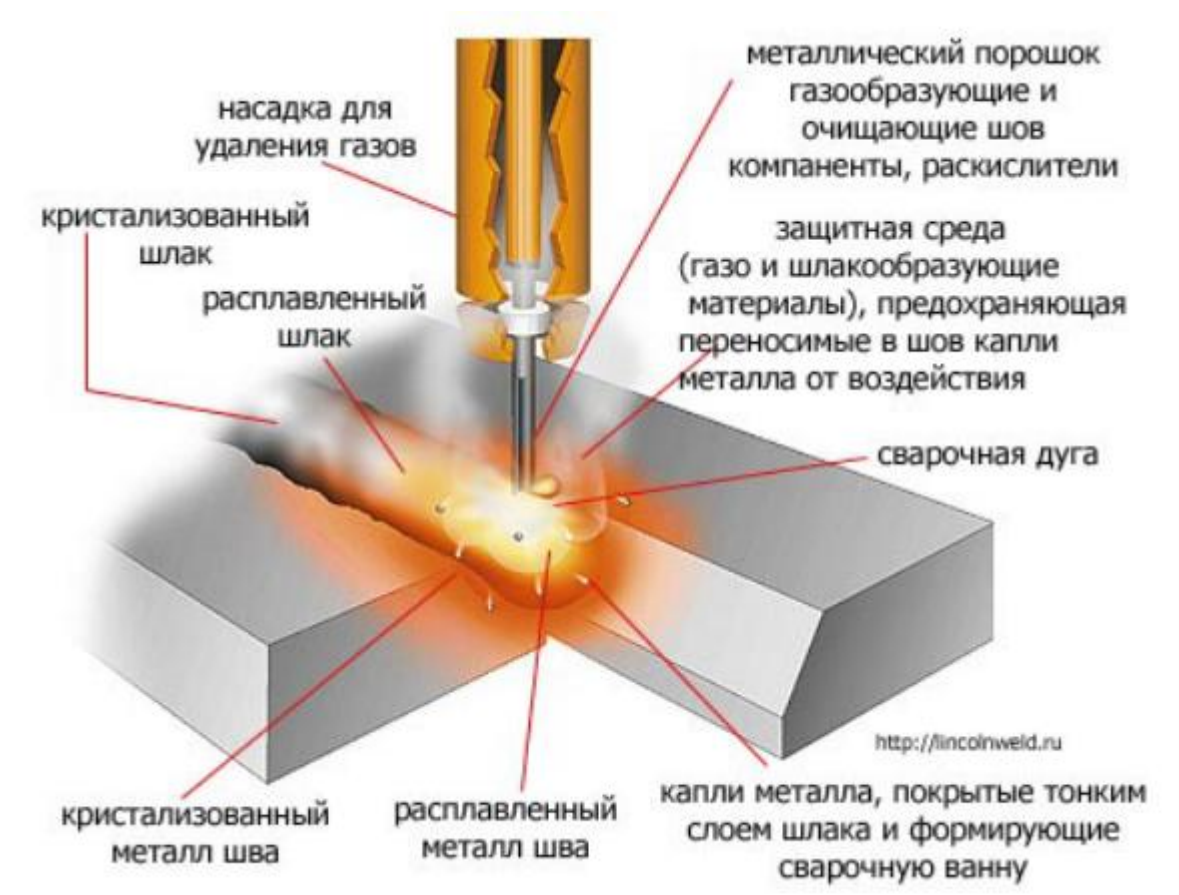


Рисунок 5 Сварка порошковой проволокой [24]

Как это работает ?

Сердцевина трубчатой проволоки заполнена флюсом следующего состава:

- А. Металлический порошок
- В. Материалы, образующие защиту
- С. Раскислители
- Д. Элементы, очищающие сварочную ванну

Элементы, образующие газовую защиту дуги и ш лак, защищают переносимый в сварочную ванну металл. Сама проволока Innershield, включая наполнитель сердцевины, негигроскопичны, поэтому позволяют наплавлять металл с низким содержанием водорода. Значительные преимущества металлургической структуры наплавленного электродами Innershield металла в главном образом обусловлены точно и тщательно контролируемым химическим балансом между тремя элементами – алюминием, кремнием и марганцем. Эта комбинация, также, формирует необходимый уровень раскисления, который снижает либо ограничивает уровень пористости металла шва, коррозионные и пластические свойства, обеспечивает стойкость к образованию трещин. Кроме того, флюс содержит различные легирующие добавки, позволяющие достичь желаемых механических свойств, таких как ударная вязкость металла шва, свойства сопротивления распространению трещин (CTOD), пластичность и прочность.

Инженеры компании Линкольн Электрик разработали способ сварки, позволяющий наплавлять металл, обладающий уникальной структурой. Она удовлетворяет растущим требованиям к качеству, предъявляемым различными отраслями промышленности сегодняшнего дня. Строгий контроль качества проволоки при ее изготовлении и возможность постоянного отслеживания всех этапов технологического процесса сварки обеспечивают постоянство ее параметров и высокого качества выполняемой работы. Один из факторов, улучшающих рабочие свойства Innershield,- высокая прочность собственно оболочки порошковой проволоки, что определяет отсутствие проблем при ее подаче в зону сварки.

Химический состав проволоки и механические свойства металла шва приведены в таблице 3 и 4.

Таблица 3 – Химический состав проволок в % [9] [10]

Проволока	C	Mn	Si	P	S	Ni	Cr	Al
NR-203Ni1	0,08	1,1	0,27	0,008	0,003	0,9	0,04	0,85
NR-204H	0,2-0,2	0,5-1,0	0,1-0,4	0,015	0,015	0,1	-	0,5-1

Таблица 4 – Механические свойства наплавленного металла шва [9] [10]

Проволока	σ_T , МПа	σ_B , МПа	d, %	KCU, кДж/см ²
				-29 ⁰ C
NR-203Ni1	400	480-620	20	27
NR-204H	-	>480	28-31	-

3.5 Отделочные операции

Облицовочный слой шва и прилегающая поверхность труб должны быть подвергнуты чистовой обработке дисковой проволочной щеткой для очистки поверхности от шлака и брызг. Допускается использование шлифкругов для выравнивания возможных неровностей поверхности облицовочного слоя.

Проставить клеймо сварщика, выполнившего данное стыковое соединение. Клеймо наносят на расстоянии 20-50 мм от кромки сваренного шва с наружной стороны.

3.6 Свариваемость металла сварной конструкции

Технология сварки магистральных газопроводов имеет набор требований, которые основаны – на обеспечение производства надежной и долговечной конструкции. Главное требование при сварке трубопровода – это обеспечить равнопрочность сварного соединения с основным металлом и отсутствие дефектов. Для этого механические свойства металла шва и околошовной зоны должны быть не ниже нижнего предела соответствующих свойств основного металла [13].

Механические свойства металла шва и сварного соединения полностью зависят структуры, она в свою очередь определяется химическим составом, режимами сварки и скоростью охлаждения сварного соединения.

Химический состав металла шва зависит от процента участия основного и электродного металлов в образовании металла шва и взаимодействия расплавленного металла с шлаком и газовой фазой. Максимальное значение эквивалента углерода не больше 0,46%. Сварка низколегированных сталей, у которых металл шва на малую часть отличается от основного металла по составу. Это отличие приводит к снижению содержания в металле шва углерода, так как металл электродной проволоки содержит его значительно в меньшем количестве, чем основной металл, и повышению содержания марганца и кремния. Наименьшее содержание углерода в электродной проволоке и электродах необходимо для предупреждения образования структур закалочного характера при повышенных скоростях охлаждения.

Для классификации по свариваемости стали подразделяются на четыре группы:

- первая группа – хорошо сваривающиеся стали;
- вторая группа – удовлетворительно сваривающиеся стали;

- третья группа – ограниченно сваривающиеся стали;
- четвёртая группа – плохо сваривающиеся стали.

Основные признаки, характеризующие свариваемость сталей, – это склонность к образованию трещин и механические свойства сварного соединения. Для определения стойкости металла против образования трещин определяют эквивалентное содержание углерода по формуле, которую предложил французский ученый Сефериан [11]:

$$С_{\text{Экв}} = C + (Mn/6) + (Si/24) + (Ni/10) + (Cr/5) + (Mo/4) + (V/14) \quad (1)$$

где символ каждого элемента обозначает максимальное содержание его в металле (по техническим условиям или стандарту) в процентах.

Если углеродный эквивалент $C_{\text{Экв}}$ больше 0,45 процентов, то в данном случае невозможно обеспечить стабильность сварочного соединения без предварительного подогрева металлических кромок, термической обработки готовой конструкции. Для создания требуемой микроструктуры нужно дополнительно осуществлять подогревы, охлаждения, а в ряде случаев и последующую термообработку свариваемого металла.

Рассчитаем эквивалентное содержание углерода для стали 17Г1С:

$$C_{\text{Экв}} = 0,15 + (1,15/6) + (0,4/24) + (0,3/10) + (0,12/14) = 0,396 \%$$

Сталь 17Г1С относится к 1 группе свариваемости (Хорошая). Сварка производится без особых приемов.

Приведенная сталь относится к первой группе свариваемости (сваривается без ограничений).

3.7 Расчет режима для механизированной сварки

Параметры режима дуговой сварки в защитном газе плавящимся электродом следующие [12]:

- диаметр электродной проволоки – $d_{\text{эп}}$;
- скорость сварки – J_c ;
- сварочный ток – I_c ;
- напряжение сварки – U_c ;
- вылет электродной проволоки – l_v ;
- скорость подачи электродной проволоки – $V_{\text{эп}}$;
- общее количество проходов – $n_{\text{пр}}$;

расход защитного газа – $g_{\text{зг}}$.

Расчёт режимов сварки выполняем по размерам шва (ширине l и глубине проплавления h_p) [12].

Сварка механизированная, выполняется проволокой Innershield NR-203Ni1, в нижнем положении. Соединение стыковое С17 ГОСТ 14771-76 показано на рисунке 6, сварка многопроходная.

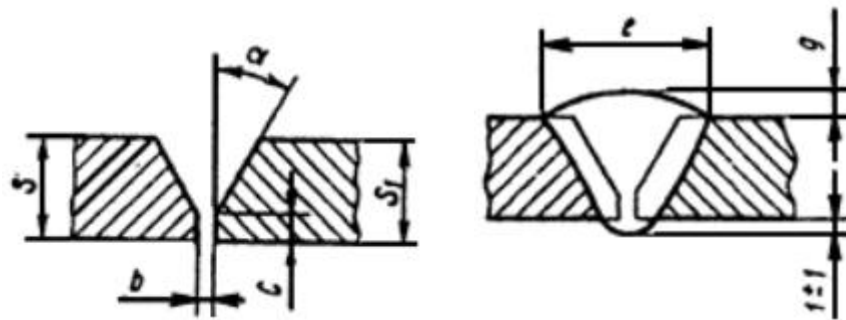


Рисунок 6 Стыковое соединение типа С17 [3]

где S – толщина свариваемых элементов;

g - усиление сварного шва;

e – ширина сварного шва;

b – зазор;

α – угол скоса кромок.

Диаметр электродной проволоки рассчитываем по известной площади наплавленного металла соответствующего прохода (корневого и заполняющего), мм [12];

$$d_{эпi} = K_d \cdot F_{Hi}^{625} \quad (2)$$

Коэффициент K_d выбираем в зависимости от положения шва и способа сварки по уровню автоматизации.

Площадь корневого и заполняющего проходов при положении шва принимаем $F_{нк} = 20 \text{ мм}^2$, $F_{нп} = 6 \text{ мм}^2$ и $F_{нсз} = 40 \text{ мм}^2$.

Чтобы определить общее количество проходов, необходимо найти общую площадь наплавленного металла по формуле [12]:

$$F_{но} = K_3 \cdot e \cdot g + \frac{(S-c)^2 \cdot \tan(\alpha)}{2} + b \cdot S = 0,718 \cdot 1 + \frac{(16-2)^2 \cdot \tan(20^\circ)}{2} + 2 \cdot 16 = 126,8 \text{ мм}^2, \quad (3)$$

Определим общее количество проходов:

$$n_{по} = \frac{F_{но} - F_{нк}}{F_{нз}} + 1 = \frac{126,8 - 20}{40} + 1 = 3,671. \quad (4)$$

Примем $n_{пр} = 4$.

Уточним площадь $F_{нз}$ с учетом количества проходов [12]:

$$F'_{нз} = \frac{F_{но} - F_{нк}}{n_{по} - n_{нк}} = \frac{126,8 - 20}{4 - 1} = 35,6 \text{ мм}^2, \quad (5)$$

Рассчитаем диаметр электродной проволоки для корневого дэпк и заполняющих дэпз, при сварке «в лодочку» $K_d=0,149\dots0,409$:

$$D_{\text{ЭПК}} = (0,149\dots0,409) \cdot F_{\text{НК}}^{0,625} = (0,149\dots0,409) \cdot 20^{0,625} = 0,97\dots2,66 \text{ мм}, \quad (6)$$

$$D_{\text{ЭПЗ}} = (0,149\dots0,409) \cdot F_{\text{НЗ}}^{0,625} = (0,149\dots0,409) \cdot 35,6^{0,625} = 1,39\dots3,81 \text{ мм} \quad (7)$$

Примем стандартные значения диаметра сварочной проволоки: $d_{\text{ЭПК}}=1,6\text{мм.}$ и $d_{\text{ЭПЗ}}=1,6 \text{ мм.}$

Рассчитаем скорость сварки для корневого и заполняющего проходов :

$$V_{\text{СК}} = \frac{8,9 \cdot d_{\text{ЭПК}}^2 + 50,6 \cdot d_{\text{ЭПК}}^{1,5}}{F_{\text{НК}}} = \frac{8,9 \cdot 1,6^2 + 50,6 \cdot 1,6^{1,5}}{20} = 6,26 \frac{\text{мм}}{\text{с}}, \quad (8)$$

$$V_{\text{СЗ}} = \frac{8,9 \cdot d_{\text{ЭПЗ}}^2 + 50,6 \cdot d_{\text{ЭПЗ}}^{1,5}}{F'_{\text{НЗ}}} = \frac{8,9 \cdot 1,6^2 + 50,6 \cdot 1,6^{1,5}}{35,6} = 3,51 \frac{\text{мм}}{\text{с}}, \quad (9)$$

Принимаем:

$$V_{\text{СК}} = 6 \frac{\text{мм}}{\text{с}} = 21,6 \frac{\text{м}}{\text{ч}}, \quad V_{\text{СЗ}} = 3 \frac{\text{мм}}{\text{с}} = 10,8 \frac{\text{м}}{\text{ч}}.$$

При известных диаметрах электродных проволок, площади наплавленного металла, и скорости сварки найдем скорости подачи электродной проволоки по формуле [12]:

$$V_{\text{ЭПК}} = \frac{4 \cdot V_{\text{СК}} \cdot F_{\text{НК}}}{\pi \cdot d_{\text{ЭПК}}^2 \cdot (1 - \psi_{\text{Р}})} = \frac{4 \cdot 6 \cdot 20}{\pi \cdot 1,6^2 \cdot (1 - 0,1)} = 66,3 \frac{\text{мм}}{\text{с}} = 239 \frac{\text{м}}{\text{ч}}, \quad (10)$$

$$V_{\text{ЭПЗ}} = \frac{4 \cdot V_{\text{СЗ}} \cdot F_{\text{НЗ}}}{\pi \cdot d_{\text{ЭПЗ}}^2 \cdot (1 - \psi_{\text{Р}})} = \frac{4 \cdot 3 \cdot 35,6}{\pi \cdot 1,6^2 \cdot (1 - 0,1)} = 59 \frac{\text{мм}}{\text{с}} = 213 \frac{\text{м}}{\text{ч}}, \quad (11)$$

Рассчитаем сварочный ток для корневого и заполняющего проходов при сварке на обратной полярности [12]:

$$\begin{aligned} I_{\text{СК}}^{0(+)} &= d_{\text{ЭПК}} \cdot \left(\sqrt{1450 d_{\text{ЭПК}} \cdot V_{\text{ЭПК}} + 145150} - 382 \right) = \\ &= 1,6 \cdot \left(\sqrt{1450 \cdot 1,6 \cdot 66,3 + 145150} - 382 \right) = 264 \text{ А}, \end{aligned} \quad (12)$$

$$\begin{aligned} I_{\text{СЗ}}^{0(+)} &= d_{\text{ЭПЗ}} \cdot \left(\sqrt{1450 d_{\text{ЭПЗ}} \cdot V_{\text{ЭПЗ}} + 145150} - 382 \right) = \\ &= 1,6 \cdot \left(\sqrt{1450 \cdot 1,6 \cdot 59 + 145150} - 382 \right) = 239 \text{ А}. \end{aligned} \quad (13)$$

Расчетное значение сварочного тока не выходит за пределы ограничений для положения «в лодочку» $I_{\text{С}} \leq 510 \text{ А}$.

Определим напряжение сварки для корневого и заполняющего проходов [12]:

$$U_{\text{С}} = 14 + 0,05 \cdot I_{\text{С}}, \quad (14)$$

$$U_{\text{СК}} = 14 + 0,05 \cdot 264 = 27,2 \text{ В},$$

$$U_{C3}=14+0,05\cdot 239=26 \text{ В.}$$

Полученные режимы сварки сведем в таблицу 5.

Таблица 5 – Рассчитанные режимы сварки газопровода

Толщина металла, мм.	Диаметр проволоки, мм.	Напряжение, В.	Сварочный ток, А	Скорость сварки, м/ч.
16	1,6	26...27	213...239	3...6

Сварка самозащитной порошковой проволокой выполняется на спуск постоянным током прямой полярности.

Примем режимы сварки согласно технологической карты.

Таблица 6 – Режимы сварки газопровода

Наименование параметра, единица измерения	Наименование слоя шва			
	Корневой	Заполняющие	Последний заполняющий	Облицовочный
Направление сварки	На подъем	На спуск	На спуск	На спуск
Скорость подачи проволоки, см/мин	220	250	230	200
Род тока, полярность	Постоянный ток, обратная полярность	Постоянный ток, обратная полярность	Постоянный ток, обратная полярность	Постоянный ток, обратная полярность
Напряжение на дуге, В	15-17	18,5 – 19,5	18,5 – 19,5	17,5 – 18,5
Вылет электрода, мм	10,0	13,0	13,0	13,0
Расход защитного	15...16	15...16	15...16	15...16

газа Q, л/мин				
Угол наклона электрода, мин ⁻¹	0-7	0-7	0-7	0-7
Диаметр проволоки, мм	1,7	2	2	2

Начинать сварку следует при вылете проволоки от 12 до 15 мм (рисунок 7). При этом срез проволоки слегка соприкасается с трубой или немного приподнят над ее поверхностью. После зажигания дуги вылет электрода (проволоки) должен быть увеличен до 20 мм. В потолочном положении рекомендуется увеличить вылет электрода до 25-30 мм.

Угол наклона проволоки должен постоянно меняться в процессе сварки (рисунок 8):

- в точке начала сварки (0^{00} ч) угол должен составлять от 20° до 30° (углом назад);
- в положении 0^{00} , 3^{00} ч угол постепенно увеличивается до величины в интервале от 45° до 60° (углом назад);
- в положении 3^{00} , 5^{00} ч угол постепенно доводится до 0° (перпендикулярно телу трубы в точке касания);
- в положении 5^{00} , 6^{00} ч угол доводится до величины в интервале от 10° до 15° (углом вперед).

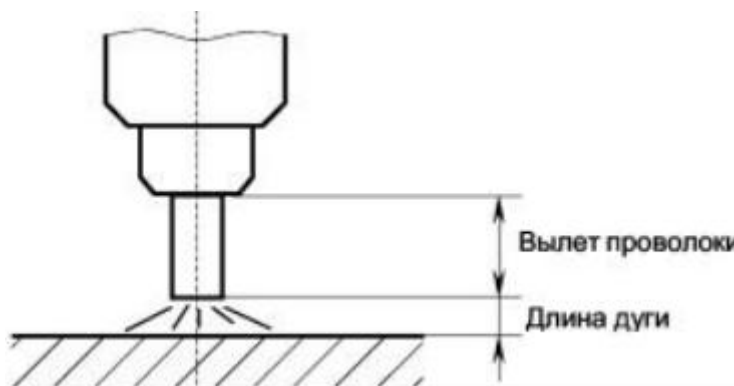


Рисунок 7 Определение вылета проволоки и длины дуги [4]

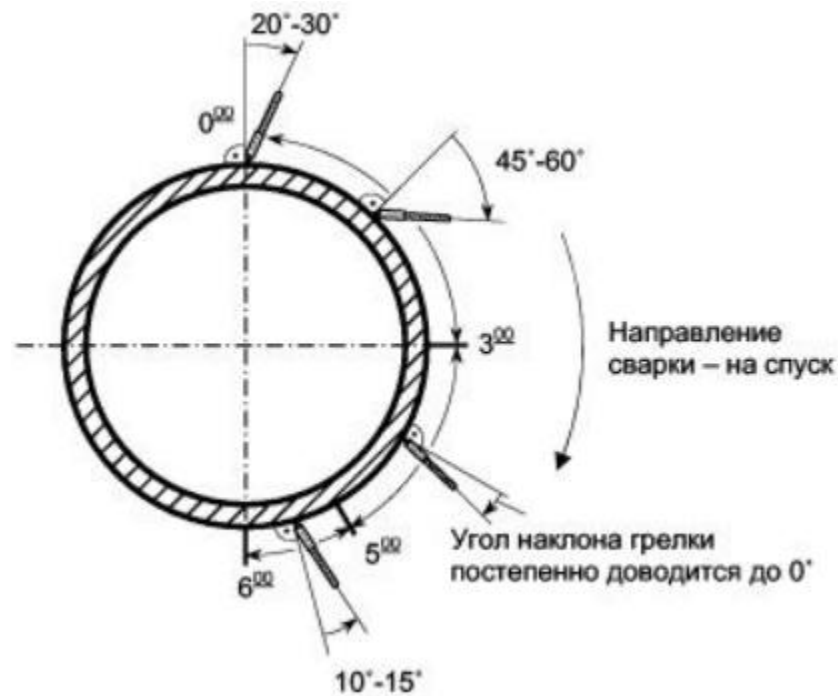


Рисунок 8 Угол наклона сварочной горелки. [4]

Оставлять не полностью сваренные соединения не допускается. В случае, когда производственные условия не дают возможности без перерыва завершить сварку соединения, следует соблюдать требования.

4 Подбор способа сварки газопровода, оборудования для сварки и сварочных материалов

4.1 Выбор технологического оборудования

Сварочное оборудование (сварочные выпрямители, сварочные головки, механизмы подачи сварочной проволоки, сварочные горелки, в том числе в составе передвижных и самоходных сварочных установок и сварочных агрегатов), предназначенное для ручной, механизированной и автоматической

сварки газопроводов должно изготавливаться по специальным ТУ и может применяться при наличии:

а) паспортов и руководств по эксплуатации (для сварочного оборудования импортного производства - дубликатов паспортов, руководств по эксплуатации на русском языке);

б) сертификата соответствия ГОСТ Р (по безопасности);

в) одобрения типа транспортного средства ГОСТ Р (для передвижных сварочных агрегатов, передвижных и самоходных сварочных установок);

г) свидетельств НАКС об аттестации сварочного оборудования согласно [РД 03-614-03](#) [2] с областью применения для производства сварочных работ на газопроводах;

д) разрешения Ростехнадзора на применение сварочного оборудования с областью применения для производства сварочных работ на газопроводах.

Сварочное оборудование должно соответствовать требованиям ТУ, паспортов, руководств по эксплуатации и обеспечивать:

а) сварочно-технологические свойства:

- надежность зажигания, повышенную устойчивость горения и высокую эластичность дуги при питании от сети переменного тока (3'380 В, 50 Гц);

- получение сварных соединений высокого качества;

б) безопасность эксплуатации:

- удобство доступа к узлам и механизмам;

- наглядность и доступность органов управления, надписей и условных знаков, указывающих их функциональное назначение;

- надежность фиксации всех органов управления, исключающее самопроизвольное или случайное их включение, отключение;

- заземление штепсельных соединений пультов дистанционного управления;

- защиту отключающими предохранителями или автоматами со стороны питающей сети;

- надежность ограждения вращающихся частей сварочного оборудования, частей, находящихся под высоким напряжением или высокой температурой (более 40 °С);

- надежность крепления газоподводящих шлангов на присоединительных ниппелях аппаратуры, горелок, редукторов.

Рассчитанные параметры режима сварки позволяют определить требования к оборудованию для сварки данного сварного изделия. Основными критериями для окончательного выбора рациональных типов оборудования должны служить их следующие принципы:

1. Техническая характеристика, наиболее отвечающая всем требованиям принятой технологии;

2. Наибольшая эксплуатационная надежность и относительная простота обслуживания;

3. Наибольший КПД и наименьшее потребление электроэнергии при эксплуатации;

4. Наименьшие габаритные размеры оборудования;

5. Наименьшая масса;

6. Наименьшая сумма первоначальных затрат на приобретение и монтаж оборудования;

7. Минимальный срок окупаемости.

Было выбрано следующее сварочное оборудование для сварки кольцевых швов магистрального газопровода:

Сварка ведется в палатке. Определяем полуавтомат для дуговой сварки в защитном газе. Полуавтомат должен обеспечивать сварочный ток 180...280А; диаметр проволоки 1,2 мм; скорость подачи электродной проволоки 200 м/ч.. - 255 м/ч. Исходя из этих данных выбираем:

механизм подачи проволоки K316L-1 LN-23P [15], сварочный аппарат инвертор Lincoln Electric Invertec V350-PRO [16], K350-1 комплект адаптера LN-23P для 14-пин соединения [17].

Механизм подачи LN-23P создан специально для работы в тяжелых условиях. Это оптимальный выбор для строительства и полевой сварки труб. Мобильность и простота настройки делают эти модели оптимальным выбором для сварки в ограниченном пространстве.

Преимущества [15]:

- малый вес механизма, менее 23 кг, включая горелку Magnum® Innershield и катушку с проволокой, весом 6,3 кг;
- полностью закрытая кассета предохраняет проволоку от загрязнений;
- постоянный контроль скорости подачи проволоки и напряжения, аналоговая панель управления в стандартной комплектации;
- установленный на горелке двухпозиционный переключатель позволяет быстро и легко изменять параметры сварочных режимов в зависимости от пространственного положения сварки;
- простая и удобная панель управления, эргономичный дизайн, отработанный годами.

Технические характеристики механизма подачи проволоки K316L-1 LN-23P представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Технические характеристики механизма подачи проволоки K316L-1 LN-23P [15]

Наименование параметра	Значение
Напряжение питания, 50Гц, В	3х380 ± 10%
Диаметр сварочной проволоки, мм	1,7- 2,0
Ток сварки, А	до 350
Скорость подачи проволоки, м/ч	46 - 258
Габаритные размеры, (ДхШхВ) мм:	521х229х483
Масса, кг:	12,3

Invertec V350-PRO – это мобильный, универсальный и легкий источник питания для сварки штучными электродами и порошковой проволокой, аргонодуговой сварки на постоянном токе, сварки в защитном газе и дуговой резки, что делает его самым универсальным источником питания в своем классе.

Ключевые особенности [16]:

- высокие характеристики ручной дуговой сварки и сварки в защитном газе на жесткой ВАХ;
- бесступенчатая регулировка параметров тока;
- прочный и долговечный корпус с трубчатым каркасом и модульными рамами;
- вольтметр и амперметр с большими яркими экранами;
- удобная, интуитивно понятная панель управления;
- возможность динамической настройки позволяет регулировать параметры сварки прямо во время работы;
- цифровой дисплей для отображения напряжения и скорости подачи проволоки.

Технические характеристики сварочного аппарата инвертора Lincoln Electric Invertec V350-PRO представлены в таблице 8.

Таблица 8 – Технические характеристики сварочного аппарата инвертора Lincoln Electric Invertec V350-PRO [16].

Параметр	Значение
1	2
Основные характеристики:	
Количество фаз питания	1 или 3
Макс. сварочный ток при непрерывной работе	300 А
Напряжение холостого хода	80 В

Окончание таблицы 8

Тип устройства	сварочный инвертор
Сварочный ток (ММА)	5-425 А
Типы сварки	ручная дуговая сварка (ММА), полуавтоматическая сварка (MIG/MAG), аргонодуговая сварка (TIG)
Напряжение на входе	200-575 В
Тип выходного тока	постоянный
Сварочный ток (MIG/MAG)	5-425 А
Расположение катушки	внешнее
Рабочее напряжение	34 В
Сварочный ток (TIG)	5-425 А
Дополнительные характеристики:	
Габариты, ДхШхВ	376 мм х 338 мм х 709 мм
Антиприлипание	есть
Класс изоляции	F
Форсаж дуги	есть
Дополнительная информация	выпускается в модификациях: строительная, заводская, импульсная и стендовая
Масса	37,5 кг
Степень защиты	IP23

Сварочный автономный многопостовой комплекс на базе колесной техники а/м «Урал», с приводом от вала отбора мощности двигателя базовой техники комплектуются:

а) основным сварочным оборудованием:

- источниками сварочного тока: сварочными выпрямителями инверторного типа, работающими от источника переменного тока (генератора или электростанции, ~380 В, 50 Гц),

- пультами дистанционного управления для ручной сварки;

- шкафом управления;
 - выводом однофазного напряжения (~220 В, 50 Гц) для питания электрооборудования;
 - печью просушки и прокалики сварочных материалов;
- б) вспомогательным оборудованием:
- кислородной или механической резки труб;
 - предварительного и сопутствующего (межслойного) подогрева (горелки и подогреватели);
 - сборки сварных соединений (наружные центраторы);
 - укрытиями места сварочных работ от воздействия окружающей среды;
 - электрооборудованием для освещения места работ;
 - электроинструментом для механической обработки кромок свариваемых элементов и сварных соединений.

5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

5.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

Целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является проведение анализа связанного с разработкой различного оборудования и технологии для различных видов сварки.

Задачи раздела включают в себя: выполнение анализа конкурентных технических решений, SWOT-анализа, составление структуры работ в рамках проводимого исследования, определения трудоемкости выполнения работ, разработку графика проведения исследования, составление сметы затрат (материальные затраты, затраты на спецоборудование, основная ЗП, дополнительная ЗП, накладные расходы и т.д.).

5.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Выпускная квалификационная работа по теме «Технология сборки и сварки газопровода» выполняется в рамках научно-исследовательской работы для организации, выполняющими работы по сварке газопровода. Заинтересованными лицами в полученных данных будут являться сотрудники организации, занимающиеся сваркой трубопровода.

Суть работы заключается в определении оптимального способа и режимов сварки для сборки стыков газопровода.

В зависимости от категории потребителей (коммерческие организации, физические лица) необходимо использовать соответствующие критерии

сегментирования. Например, для коммерческих организаций критериями сегментирования могут быть: месторасположение; отрасль; выпускаемая продукция; размер и др.

Таблица 9 – Оценка уровня конкурентоспособности [23]

		Показатель		
		Низкий показатель	Средний показатель	Высокий показатель
Технологические показатели сварного шва	Кол-во дефектов на 1 см сварного шва	1,3	-	1
	Разбрызгивание электродного металла	1	2	2,3
	Глубина проплавления, мм	3,2	3	1

где: 1 – ручная дуговая сварка плавящимся электродом;

2 – ручная дуговая сварка плавящимся электродом с модуляцией;

3 – ручная дуговая сварка неплавящимся электродом.

Результат сегментирования показал, что уровень конкуренции низок. Ручная дуговая сварка, как видно из сегментирования, хороший способ, с помощью которого можно получать качественные сварные соединения.

5.2 Сравнительный экономический анализ вариантов

Разработка технологического процесса сборки и сварки магистрального газопровода допускает различные варианты решения.

Сварочная техника позволяет выполнять одни и те же операции при сварке кольцевых стыков газопроводов различными способами. После выбора способов сварки по качественным критериям часто возникает ситуация, при которой несколько вариантов удовлетворяет факторам выбора. Для окончательного принятия решения и выбора единственного варианта технологии в этом случае требуется сравнительная экономическая оценка. Наиболее оптимальной и эффективной будет технология с минимальными затратами и, как правило, с максимальной производительностью.

Показатель приведенных затрат является обобщенным показателем. В нем находят отражения большинство достоинств и недостатков каждого из сравниваемых вариантов технологического процесса. Определения приведенных затрат Z_n , руб/изд. производят по формуле [23]:

$$Z_n = C + E_n \cdot K, \quad (15)$$

где C - себестоимость единицы продукции, руб/изд;

E_n – норма эффективности дополнительных капиталовложений, руб/изд.;

K – капиталовложения, руб/изд.

По базовому технологическому процессу сварки магистрального газопровода Ду 1000 производится сварка ручной дуговой сваркой покрытыми электродами. В качестве сварочного оборудования применяется сварочный выпрямитель ВДУ 306 МТУЗ.

В предлагаемом технологическом процессе сварки магистрального газопровода диаметром 1020 в качестве способа сварки предложена

механизированная сварка порошковой проволокой Innershield NR-203Ni1. Для механизированной сварки приняты: механизм подачи проволоки K316L-1 LN-23P, сварочный аппарат инвертор Lincoln Electric Invertec V350-PRO.

Проведем технико-экономический анализ сравнения базового и предлагаемого технологических процессов сварки газопровода. Расчеты будем проводить для трубы диаметром 1020 мм. Длина сварного шва одного стыка 3,203 мм. Расчетный производственный цикл сварки включает 1 этап (единица изделия): сварка одного кольцевого стыка.

5.3 Определение капитальных вложений в оборудование и приспособления

Капиталовложение в оборудование K_{co} определяем по формуле [23]:

$$K_{co} = \frac{\sum_{i=1}^n C_{oi} \cdot O_i \cdot \mu_{oi} \cdot T_{ш}}{F_d}, \quad (16)$$

где C_{oi} - оптовая цена единицы оборудования i -го типоразмера с учетом транспортно-заготовительных расходов, руб.;

O_i к – оличество оборудования i -го типоразмера, ед.;

F_d – действительный годовой фонд времени работы оборудования, $F_d=3752$ ч.;

μ_{oi} – коэффициент загрузки оборудования i -го типоразмера.

Цены на оборудование берутся за 01.02.2020 (смотри таблицу 10).

Таблица 10 – Оптовые цены на сварочное оборудование [15] [16] [17]

Наименование оборудования	Ц _о , руб
Базовый технологический процесс	
сварочный выпрямитель ВДУ 306 МТУЗ - 2 шт.	485670

Предлагаемый технологический процесс		
K316L-1 LN-23P	2 шт.	109875,59
Lincoln Electric Invertec V350-PRO	2 шт.	485670

Результаты расчетов сводим в таблицу 11.

Таблица 11 - Капитальные вложения в сварочное оборудование

Наименование оборудования	K _о , руб/ед.
Базовый технологический процесс	
сварочный выпрямитель ВДУ 306 МТУЗ - 2 шт.	14215
Предлагаемый технологический процесс	
K316L-1 LN-23P 2 шт.	6739
Lincoln Electric Invertec V350-PRO 2 шт.	

Капитальные вложения в приспособления найдем по формуле [23]:

$$K_{\text{пр}} = \frac{\sum_{j=1}^m K_{\text{пр}j} \cdot P_j \cdot \mu_{\text{п}j} \cdot T_{\text{ш}}}{F_{\text{д}}}, \quad (17)$$

где $K_{\text{пр}j}$ - оптовая цена единицы приспособления j -го типоразмера, руб.;

P_j – количество приспособлений j -го типоразмера, ед.;

$\mu_{\text{п}j}$ – коэффициент загрузки j -го приспособления.

Результаты расчетов сводим в таблицу 12.

Таблица 12 – Результаты расчетов приспособления

Наименование оборудования	Ц _{пр} , руб	С _п , шт.	K _{пр} , руб/ед
Базовый технологический процесс			
Звеньевой центратор	5100	1	79,4
Предлагаемый технологический процесс			
Звеньевой центратор	5200	1	36,35

5.4 Определение затрат на основные материалы

Затраты на основной материал C_M руб/изд определяем по формуле [25]:

$$C_M = m_M \cdot k_{Т.З.} \cdot C_M - H_o \cdot C_o \text{ руб./изд.}, \quad (18)$$

где m_M - расход материала на одно изделие, $m_M = 2741,74 \cdot 1,3 = 3564,26$ кг;

C_M – средняя оптовая цена материала 17Г1С, руб/кг, $C_M = 74,72$ руб/кг;

$K_{ТЗ}$ – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы, $K_{ТЗ} = 1,04$.

H_o – норма возвратных отходов, $H_o = m_M \cdot 0,3 = 2741,74 \cdot 0,3 = 822,52$ кг/шт;

C_o – цена возвратных отходов, $C_o = 20$ руб/кг.

Подставляя значения в формулу получим:

$$C_M = 1,04 \cdot (3564,26 \cdot 74,72) - 822,52 \cdot 20 = 255588,95 \text{ руб/изд.}$$

Затраты на электродную проволоку СП для предлагаемого техпроцесса определяем по формуле [25]:

$$C_{п.с.} = \sum_{d=1}^h G_d \cdot k_{nd} \cdot \psi_p \cdot C_{п.с.}, \text{руб/изд.}, \quad (19)$$

где G_d - масса наплавленного металла электродов Э50А Ø3,2 мм по базовому техпроцессу, $G_d = 22,886$ кг;

G_d – масса наплавленного металла электродной проволоки Innershield NR-203Ni1 Ø2 мм по предлагаемому техпроцессу, $G_d = 20,326$ кг;

G_d – масса наплавленного металла электродной проволоки Innershield NR-203H Ø1,7мм по предлагаемому техпроцессу, $G_d = 2,54$ кг;

k_{nd} – коэффициент, учитывающий расход сварочной проволоки (электрода) [25], $k_{п.с.} = 1,03$ (1,6);

y_p – коэффициент потерь на разбрызгивание, зависящий от способа сварки,
 $y_p = 1,01...1,15$, принимаем $y_p = 1,1$;

$\Pi_{п.с}$ – стоимость сварочной проволоки на 01.01.2019, руб/кг;

$\Pi_{п.с1}$ электродов Э50А ЛБ-52У, руб/кг; $\Pi_{п.с1} = 620$;

$\Pi_{п.с2}$ – сварочной проволоки Innershield NR-203Ni1, руб/кг; $\Pi_{п.с2} = 1563$;

$\Pi_{п.с3}$ – сварочной проволоки Innershield NR-204H, руб/кг; $\Pi_{п.с2} = 550$.

Для базового процесса:

$$C_{п} = 22,886 \cdot 1,6 \cdot 620 = 22702,91 \text{ руб/изд.}$$

Для предлагаемого процесса:

$$C_{п} = 20,326 \cdot 1,03 \cdot 1,1 \cdot 1563 + 2,54 \cdot 1,03 \cdot 1,1 \cdot 550 = 37577,69 \text{ руб/изд.}$$

5.5 Определение затрат на заработную плату

Затраты на заработанную плату основных рабочих $C_{зп}$ руб/изд определяем по формуле:

$$C_{з.п.сд} = TC \cdot \sum_{i=1}^m \frac{T_{шт}}{60} \cdot K_{д} \cdot K_{пр} \cdot K_{рай} \cdot \left(1 + \frac{\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4}{100} \right), \quad (20)$$

где TC – тарифная ставка на 01.01.2020, руб., $TC = 87$ руб.;

$K_{д}$ – коэффициент, учитывающий дополнительную заработную плату,

$K_{д} = 1,15$;

$K_{пр}$ – коэффициент, учитывающий процент премии, $K_{пр} = 1,5$;

$K_{рай}$ – районный коэффициент, $K_{рай} = 1,3$;

a_1, a_2, a_3, a_4 – страховые взносы соответственно в пенсионный фонд РФ, в фонд социального страхования, в фонд обязательного медицинского страхования (ОМС), в фонд страхования от несчастного случая - 32,8.

Затраты на заработную плату основных производственных рабочих по базовому технологическому процессу:

$$C_{з.п.сд} = 87 \cdot \frac{1947,08}{60} \cdot 1,15 \cdot 1,5 \cdot 1,3 \cdot \left(1 + \frac{32,8}{100}\right) = 8407,8 \frac{\text{руб}}{\text{изд}}.$$

Заработная плата основных производственных рабочих по предлагаемому технологическому процессу:

$$C_{з.п.сд} = 87 \cdot \frac{874,32}{60} \cdot 1,15 \cdot 1,5 \cdot 1,3 \cdot \left(1 + \frac{32,8}{100}\right) = 3775,45 \frac{\text{руб}}{\text{изд}}.$$

5.6 Определение затрат на силовую электроэнергию

С учетом полевых условий работы, в данный расчет следует включить:

Расход масла:

$$C_{\text{мас}} = t_{\text{дг}} \cdot M_{\text{мас}} \cdot \Pi_{\text{мас}}, \text{ руб}, \quad (21)$$

где $M_{\text{мас}} = 0,07$ л – расход масла за час работы при нагрузке 70%;

$\Pi_{\text{мас}} = 72$ руб/л – цена масла.

Расход потребляемого генератором дизельного топлива:

$$C_{\text{топ}} = t_{\text{дг}} \cdot M_{\text{топ}} \cdot \Pi_{\text{топ}}, \text{ руб}, \quad (22)$$

где $t_{\text{дг}} = 1,4$ ч – продолжительность работы дизельного генератора во время выполнения стыка, при нагрузке 70%;

$M_{\text{топ}} = 34$ л/час – расход топлива за час работы при нагрузке 70%;

$\Pi_{\text{топ}} = 21$ руб/л – цена дизельного топлива;

Затраты по базовому технологическому процессу на электроэнергию:
 $C_{э.с.} = 53119,59$ руб.

Затраты по предлагаемому технологическому процессу на электроэнергию: $C_{э.с} = 23852,91$ руб.

5.7 Определение затрат на амортизацию и ремонт оборудования

Затраты на амортизацию и ремонт оборудования C_a , руб/изд. определяем по формуле [25]:

$$C_a = \frac{\sum_{i=1}^n \Pi_0 \cdot O_i \cdot \mu_{oi} \cdot a_i \cdot r_i}{F_d}, \quad (23)$$

где a_i – норма амортизационных отчислений (на реновацию) для оборудования i -го типоразмера, % [25];

r_i – коэффициент затрат на ремонт оборудования, $r_i = 0,15 \dots 0,20$.

Результаты расчетов сводим в таблицу 13.

Таблица 13 – Амортизация и ремонт оборудования

Наименование оборудования	Вариант технологического процесса			
	Базовый		Предлагаемый	
	a_i , %	C_z , руб/изд.	a_i , %	C_z , руб/изд.
сварочный выпрямитель ВДУ 306 МТУЗ	14,3	304,92		-
Lincoln Electric Invertec V350-PRO K316L-1 LN-23P K350-1 комплект адаптера LN-23P		-	14,3	144,56

5.8 Анализ конкурентных технических решений

Для оценки конкурентоспособности используется способ сварки порошковой проволоки в среде защитных газов, аналог сварка покрытыми электродами. Оценка производится по пяти бальной шкале, где 1 – очень плохо, 2 – плохо, 3 – удовлетворительно, 4 – хорошо, 5 – отлично.

Таблица 14 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы		Конкурентоспособность	
		Бк 1	Бк2	Кк1	Кк2
1	2	3	4	5	6
Технические критерии оценки ресурсоэффективности					
1. Повышение производительности труда пользователя	0,03	4	4	0,12	0,12
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,05	3	5	0,15	0,25
3. Помехоустойчивость	0,03	5	5	0,15	0,15
4. Энергоэкономичность	0,04	5	5	0,2	0,2
5. Надежность	0,05	5	4	0,25	0,2
6. Уровень шума	0,04	5	5	0,2	0,2
7. Безопасность	0,05	3	5	0,15	0,25
9. Функциональная мощность (предоставляемые возможности)	0,05	5	5	0,25	0,25
10. Простота эксплуатации	0,05	4	5	0,2	0,25
Экономические критерии оценки эффективности					
1. Конкурентоспособность продукта	0,07	4	4	0,28	0,28

Окончание таблицы 14

1	2	3	4	5	6
2. Уровень проникновения на рынок	0,05	4	5	0,2	0,25
3. Цена	0,05	5	3	0,28	0,15
4. Предполагаемый срок эксплуатации	0,05	4	4	0,02	0,02
5. Послепродажное обслуживание	0,07	4	4	0,28	0,28
6. Финансирование научной разработки	0,06	5	5	0,3	0,3
7. Срок выхода на рынок	0,03	3	3	0,15	0,15
8. Наличие сертификации разработки	0,06	4	4	0,24	0,24
Итого	0,83	73	75	3,14	3,54

Для анализа конкурентных технических решений используем формулу:

$$K = \sum_{i=1}^n V_i B_i \quad (24)$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

V_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

Рассчитав конкурентоспособность двух используемых способов сварки, можно сказать, что конкурентоспособность системы K_1 составляет 3,14, а K_2 – 3,54. Таким образом система K_2 , которая предлагается в работе, более конкурентоспособна.

5.9 Расчет технико-экономической эффективности

Себестоимость продукции за год определяется по формуле:

$$C = C_m + C_{в.м.} + C_{зп.сд.} + C_{эс} + C_a + C_u + C_{зп.вс.р} \cdot 12 + C_{зп.АУП}, \quad (25)$$

где C_m – затраты на основной материал, руб;

$C_{в.м.}$ – затраты на вспомогательные материалы, руб;

$C_{зп.сд.}$ – затраты на заработную плату основных рабочих, руб;

$C_{эс}$ – затраты на силовую электроэнергию, руб;

C_a – затраты на амортизацию, руб.;

$C_{зп.вс.р}$ – затраты на заработную плату вспомогательных рабочих, руб;

$C_{зп.АУП}$ – затраты на заработную плату административно-управленческого персонала, руб.

Капитальные вложения находим по формуле:

$$K = K_o + K_{пр}. \quad (26)$$

Определим количество приведенных затрат по базовому технологическому процессу:

$$K = 14215 + 79,4 = 17295 \text{ руб/изд.},$$

$$C = 255588,95 + 22702,91 + 8407,8 + 53119,59 + 304,92 = 340124,17 \text{ руб/изд.},$$

$$З_n^1 = 340124,17 + 0,15 \cdot 17295 = 342718,42 \text{ руб/изд.}$$

Определим количество приведенных затрат по предлагаемому технологическому процессу:

$$K = 6739 + 36,35 = 6776 \text{ руб/изд.},$$

$$C = 255588,95 + 37577,69 + 392,51 + 3775,45 + 23852,91 + 144,56 = 320939,55 \text{ руб/изд.},$$

$$З_n^2 = 320939,55 + 0,15 \cdot 6776 = 321955,9 \text{ руб/изд.}$$

Рассчитаем величину экономического эффекта по формуле:

$$\Xi = З_n^1 - З_n^2, \quad (27)$$

Величина экономического эффекта на единицу изделия составит:

$$\mathcal{E} = 342718,42 - 321955,9 = 20762,52 \text{ руб/изд.}$$

На основе приведенных технико-экономических расчетов можно сделать вывод, что применение на проектируемом участке механизированной сварки в среде защитных газов выгоднее, чем применение ручной дуговой сварки.

5.10 Основные технико-экономические показатели участка

1. Количество единиц оборудования, шт	2
2. Средний коэффициент загрузки оборудования, %	65,7
3. Общее количество работающих, чел.	8
- вспомогательный рабочий, чел.	2
- электросварщик, чел.	2
- стропальщик, чел.	1
- машинист экскаватора, чел.	1
- контролер качества продукции, чел.	1
- ИТР, чел.	1
6. Средний тарифный разряд производственных рабочих	5
7. Расход сварочных материалов на изделие, кг	22,866
8. Экономическая эффективность от внедрения нового технологического процесса, руб/изд.	20762,52

5.11 SWOT-анализ

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой

комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта.

SWOT-анализ поможет выявить слабые и сильные стороны проекта, также возможности и угрозы, то есть исследовать данную работу для внешней и внутренней среды. Данные характеристики приведены в таблице 15.

Таблица 15 – SWOT – анализ [23]

	Сильные стороны	Слабые стороны
	С1 Востребованность научного исследования. С2. Актуальность работы. С3. Использование технологии близкой в условиях реальной среды.. С4. Мобильность системы.	Сл1. Относительная точность полученных данных Сл2. Трудоемкость получения результатов Сл3. Низкая производительность Сл.4 Использование дополнительного оборудования
Возможности: В1. Использование труднодоступного оборудования. В2. Усовершенствование метода путем улучшения наплавления металла. В3. Появление дополнительного спроса. В4. Повышение стоимости конкурентных разработок.	В1С2 – возможность использования технологий для сварки других материалов не взирая на толщину; В2С1 – некоторые виды сплавов дают улучшенные характеристики.	В2Сл.1 – с повышением цен на комплектующие резко возрастет первоначальный вклад в массовое производство; В3В4Сл3Сл4 – повышение цены на подготовку персонала и оборудование

Окончание таблицы 15

Угрозы: У1. Отсутствие спроса. У2. Развитая конкуренция технологий. У3. Ограничения на экспорт технологии У4. Введения дополнительных требований к сертификации	У1С3 – некоторые компании не захотят рисковать, применяя новые технологии, У2С3 – шов станет длинней, потребует проработки новых тех. карты.	У1Сл.2– уменьшения разбрызгивания потребует повышения мощности источника, а у многих они и так работают на пределах своих возможностей..
--	--	---

Таблица 16 – Интерактивная матрица проекта [23]

	Сильные стороны проекта				
		С1	С2	С3	С4
Возможности проекта	В1	-	+	+	+
	В2	+	+	+	-
	В3	-	+	+	+
	В4	-	+	0	+

При анализе данной интерактивной таблицы можно выявить следующие коррелирующие сильные стороны и возможности: В1С2С3С4, В2В4С1С2С3С4, В3В4С3С4.

Таблица 17 – Интерактивная матрица возможностей и слабых сторон проекта[23]

	Слабые стороны проекта				
		С1	С2	С3	С4
Возможности проекта	В1	-	-	-	+
	В2	+	-	+	-
	В3	-	+	-	+

	B4	+	+	+	-
--	----	---	---	---	---

При анализе данной интерактивной таблицы можно выявить следующие коррелирующие слабые стороны и возможности: B2Сл1Сл3, B3B4Сл1.

В ходе проведенного SWOT-анализа, для проекта характерен баланс сильных и слабых сторон, а также возможностей и угроз. Проект достаточно стабилен, но для получения больших дополнительных конкурентных преимуществ, необходимо усовершенствовать процесс наплавления металла, чтобы получать более точные данные и найти более широкое применение данной технологии сварки порошковой проволоки сплошного сечения в среде защитных газов. Также можно сказать, что разработанный проект имеет значительно больше ресурсных, финансовых и экономических достоинств по сравнению с аналогами и тем самым является востребованным на рынке.

6 Социальная ответственность

Для поддержания своего существования людям необходимо трудиться. Очевидно стремление человечества к повышению эффективности труда – получению максимального эффекта при минимуме затрат. Это предполагает увеличение объемов производства, рост потребления веществ и энергии.

Современное производство нацелено на увеличение объемов изготовленных товаров при минимизации затрат. С одной стороны, это повышает комфортность существования человечества, а с другой стороны, производственные процессы часто являются источниками опасности для человечества в целом. Эти опасности можно разделить на:

- порожденные наличием опасных и вредных производственных факторов;
- экологические, связанные с истощением природных ресурсов при добыче сырья и загрязнением окружающей среды производственными отходами;
- вызванные чрезвычайными происшествиями на производстве, инициированными природными катаклизмами, крупными авариями, военными действиями и т.д.

Мероприятия по снижению перечисленных опасностей чаще всего снижает производительность труда. Они необходимы для общества в целом, но не несут экономической выгоды конкретному производителю. Поэтому их называют социальными, а сознательное отношение субъекта социальной деятельности к требованиям социальной необходимости, понимание последствий осуществляемой деятельности для социального прогресса общества называют социальной ответственностью.

Понятие «Социальная ответственность» сформулировано в международном стандарте ICCSR26000:2011 «Социальная ответственность организации». В нём рассматриваются вопросы соблюдения прав персонала на труд, выполнения требований к безопасности и гигиене труда, к промышленной безопасности, охране окружающей среды и ресурсосбережению. В соответствии со стандартом целями составления настоящего раздела является принятие проектных решений, исключая несчастные случаи в производстве, и снижение вредных воздействий на окружающую среду.

6.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Для обеспечения условий, способствующих максимальной производительности труда, необходимо физиологическое обоснование требований к устройству оборудования, рабочего места, длительности периодов труда и отдыха и ряда других факторов, влияющих на работоспособность

При организации труда необходимо учитывать психологические особенности отдельных рабочих. Разрабатывать и внедрять мероприятия по созданию благоприятного психологического микроклимата в коллективе, высокой заинтересованности в труде и его результатах, так как при работе на участке рабочие испытывают нервно-психологические перегрузки, умственное перенапряжение, эмоциональные перегрузки, перенапряжение анализаторов, монотонность труда и т.д.

Основным средством повышения производительности труда и снижения утомления является ритм труда и рациональный режим труда и отдыха. Ритмичный труд позволяет рационально расходовать, нервную и мышечную энергию, поддерживать работоспособность. При правильном чередовании труда и отдыха работоспособность также повышается.

Важнейшим психофизиологическим средством повышения производительности является создание благоприятных отношений в коллективе, в чем велика роль руководителя. Устранение отрицательных эмоций предупреждает не только развитие утомления, но и появление нервных и сердечно-сосудистых заболеваний.

С целью ограничения вредного влияния психофизиологических факторов производственной опасности можно рекомендовать проведение следующих мероприятий:

- установление рационального режима труда и отдыха;
- организация отдыха в процессе работы;
- соблюдение предельно допустимых норм деятельности;
- установление переменной нагрузки в соответствии с динамикой работоспособности;
- чередование различных рабочих операций или форм деятельности в течение рабочего дня;
- рациональное распределение функций между человеком и техническими устройствами;
- соответствие психофизиологических качеств человека; это соответствие достигается путем профессионального отбора, обучения и тренировок технологов-сварщиков.

6.2 Профессиональная социальная безопасность

6.2.1 Анализ вредных и опасных факторов, которые может создать объект исследования

При дуговой сварке вне помещения, т.е. в нестационарных условиях могут быть выявлены следующие вредные факторы:

- запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны;
- ультрафиолетовое и инфракрасное излучение;
- психофизиологические нагрузки на рабочего;
- пожароопасность;
- опасность поражения электрическим током.

Наиболее характерным вредным фактором для дуговой сварки, является образование и поступление в воздух рабочей зоны сварочных аэрозолей содержащих токсические вещества. Длительное воздействие на организм сварщиков этих аэрозолей может привести к возникновению профессиональных легочных заболеваний.

При изготовлении трубопроводов с применением дуговой сварки производится выделение в окружающую среду пыли (до 180 мг/м^3) с содержанием марганца до 13,7%, а также CO_2 до 0,5-0,6%, CO – до 160 мг/м^3 , окислов азота до 8 мг/м^3 , озона - до $0,35 \text{ мг/м}^3$.

Дуговая сварка сопровождается оптическим излучением в ультрафиолетовом, видимом и инфракрасном диапазонах, многократно превышающем физиологически переносимую глазом человека величину. Ультрафиолетовое и инфракрасное излучение от нагретого металла, сварочной ванны и сварочной дуги, так называемое лучистое тепло, может быть опасным для работающего. Нагретые твердые тела становятся источниками теплоты и

путем конвекции нагревают воздух вокруг себя. Под действием ультрафиолетового и инфракрасного излучения, в организме человека происходят биохимические сдвиги и нарушение работы сердечно-сосудистой и нервной систем. При отсутствии средств индивидуальной защиты возможны поражения органов зрения и кожных покровов (ожоги и т. п.).

В качестве методов защиты от ультрафиолетового и инфракрасного излучения рекомендуется применять спецодежду и спецобувь. Спецодежда представляет собой костюм (куртка и брюки) и рукавицы из несгораемых материалов, обеспечивающих надежную теплоизоляцию. Спецобувь также изготавливается из несгораемых материалов, обычно из толстой кожи. Для защиты лица и глаз от излучения сварочной дуги используют маски со сменными светофильтрами. Маска представляет собой щиток из негорючего и непрозрачного материала, который крепится на голове сварщика с помощью специального приспособления. Для защиты глаз в прорези маски вставлен светофильтр, который выбирают в зависимости от силы сварочного тока.

К психофизиологическим нагрузкам относятся:

- производственный шум
- статические и динамические физические нагрузки
- освещение рабочей зоны

Источниками шума при сварке магистрального газопровода являются:

- работающие машины и механизмы;
- механизм подачи проволоки K316L-1 LN-23P;
- выпрямитель Lincoln Electric Invertec V350-PRO;
- сварочная дуга;
- слесарный инструмент: молоток ($m = 0,6$ кг) ГОСТ 2310-77, электрическая шлифовальная машинка ручная ГОСТ Р МЭК 60745-2-3-2011,

Шумом принято называть любой нежелательный звук, воспринимаемый органом слуха человека, и представляет собой беспорядочное сочетание звуков

различной интенсивности и частоты. Характеристикой шума является уровень звукового давления. Источниками шума на участке служит источник тока и треск при проведении сварочных работ [20]. При сварке в углекислом газе, особенно проволокой сплошного сечения, которая не отличается высокой стабильностью горения дуги, уровни звукового давления в зависимости от режима сварки могут быть на 4-25 дБ(А) больше допустимых значений

Нормируемые параметры шума на рабочих местах определены санитарными нормами СН 2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки». Допустимый уровень звукового давления (дБ) и уровень звука (дБА) должны быть следующими: уровень звукового давления 99-85 дБ при среднегеометрической частоте октавных полос 63-8000 Гц, уровень звука – 85 дБА. На проектируемом участке уровень шума ниже предельно-допустимого и защиты от шума не требуется.

Мероприятия по борьбе с шумом.

Для защиты органов слуха от шума рекомендуется использовать противошумные наушники.

Статические и динамические физические нагрузки у сварщиков при ручной и полуавтоматической сварке вызывают напряжение нервной и костно-мышечной систем организма. Статические нагрузки зависят от массы сварочного инструмента (электрододержателя, шлангового держателя полуавтомата), гибкости шлангов и проводов, длительности и непрерывной работы и поддержания рабочей позы (стоя, сидя, полусидя, стоя на коленях, лежа на спине). При сварке в потолочном положении полусидя или стоя, ощущаются наибольшие физические нагрузки а также при работе в труднодоступных местах лежа на спине. Такие нагрузки приводят к утомляемости сварщиков и ухудшению качества сварных швов. При сварке в основном имеет место статическая нагрузка на руки, в результате чего могут

возникнуть заболевания нервно-мышечного аппарата плечевого пояса. Сварочные работы относятся к категории физических работ средней тяжести

Динамическое перенапряжение связано с выполнением тяжелых вспомогательных работ: доставка на рабочее место сварочных материалов, подъем и переноска приспособлений, поворот свариваемых узлов. Нагрузку создает необходимость держать в течение длительного времени в руках горелку сварочную (весом от 3 до 6 кг) при проведении сварочных работ, необходимость придержать детали при установке и прихватке и т. п. Предлагается использовать сборочно-сварочное приспособление

Освещение, обеспечивающее нормальные зрительные условия работы, является важным фактором в организации производственного процесса и относится к психофизиологическим нагрузкам.

Требуемый уровень освещения определяется степенью точности сборочных работ.

При сварке магистрального газопровода применимо световое время суток. В разные времена года оно различно. Так в летний период времени рабочий день составляет 12 часов, а в зимний – не более 8 часов. При выполнении сварочных работ в темное время суток должно быть обеспечено искусственное освещения.

Электрический ток.

Для защиты от поражения электрическим током в полевых условиях применяют защитное заземление. Защитное заземление – это преднамеренное электрическое соединение с землей или ее эквивалентом металлических нетоковедущих частей электрического и технологического оборудования, которое может оказаться под напряжением. Защитное заземление обеспечивает снижение напряжения между оборудованием и землей до безопасной величины.

В полевых условиях для заземления применяют естественные заземлители: металлические конструкции зданий и сооружений, имеющие

соединение с землей, обсадные трубы, металлические шпунты гидротехнических сооружений и т.д. Естественные заземлители необходимо связывать с заземляющей сетью не менее, чем двумя проводниками, присоединенных к заземлителям в разных местах.

Сопротивление заземляющего устройства для установок мощностью до 100 кВт должна быть R_3 менее 4 Ом.

Применяем для заземления вертикально забитые трубы длиной 2 м и диаметром 50 мм.

Сопротивление вертикально устанавливаемого в землю одиночного заземления определяется по формуле [19]:

$$R_{TP} = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot l_T} \cdot \ln \frac{2 \cdot l_T}{d}, \quad (28)$$

где ρ – удельное сопротивление грунта, Ом см; $\rho = 1 \cdot 10^5$ Ом см;

l_T – длина трубы, мм; $l_T = 2000$ мм;

d – наружный диаметр трубы, см; $d = 5$ см.

$$R_{TP} = \frac{1 \cdot 10^5}{2 \cdot 3,14 \cdot 200} \cdot \ln \frac{2 \cdot 200}{5} = 13 \text{ Ом.}$$

Определяем требуемое число заземлителей по формуле:

$$n = \frac{R_{TR}}{R_3 \cdot \eta_3}, \quad (29)$$

где – R_3 требуемое сопротивление осуществляемого заземления, Ом, Ом;

η_3 – коэффициент экранирования.

$$n = \frac{13}{5 \cdot 0,8} = 3,7 \text{ шт.}$$

Принимаем $n = 4$ шт.

Сопротивление металлической полосы, применяемой для соединения трубчатых заземлителей определяется по формуле:

$$R_n = \frac{\rho}{2 \cdot h \cdot l} \cdot \ln \frac{2 \cdot l_{\Pi}^2}{b/n}, \quad (30)$$

где ρ – удельное сопротивление грунта, Ом см;

l_{Π} – длина полосы, см;

b – ширина полосы, см;

h – глубина заложения полосы, см.

Длину полосы находим по формуле [31]:

$$l_{\Pi} = 1,05 \cdot a \cdot (n-1), \quad (31)$$

где a – расстояние между заземлениями, см;

$$a = 2 \cdot l_{\text{тр}} = 2 \cdot 2 = 4 \text{ см.} \quad (32)$$

$$l_{\Pi} = 1,05 \cdot 4 \cdot (4-1) = 13 \text{ м.}$$

Результирующее сопротивление всей системы, с учетом соединительной полосы и коэффициентов использования определяется по формуле:

$$R_{\Pi} = \frac{1 \cdot 10^4}{2 \cdot 3,14 \cdot 4200} \cdot \ln \frac{2 \cdot 1300}{80/4} = 18,4 \text{ Ом.} \quad (33)$$

где $R_{\text{тр}}$ – сопротивление заземления одной трубы, Ом;

n – число труб заземлений, шт;

$\eta_{\text{э}}$ – коэффициент использования труб контура, $\eta_{\text{б}} = 0,8$;

η_{Π} – коэффициент использования соединительной полосы, $\eta_{\Pi} = 0,7$.

$$R_c = \frac{R_{TP} \cdot R_{II}}{R_{TP} \cdot h_{II} + R_{II} \cdot \eta_{\odot} \cdot n},$$

$$R_c = \frac{13 \cdot 18,4}{13 \cdot 0,7 + 18,4 \cdot 0,8 \cdot 4} = 3,5 \text{ Ом.}$$

В результате проведённых расчётов получаем, что система заземления состоит из четырёх труб, вертикально вбитых в землю диаметром 50 мм и длиной 2 метра. Сопротивление одиночного заземлителя равно 14 Ом. Соединены между собой отдельно вбитые элементы заземления металлической полосой.

Пожароопасность;

Пожарная безопасность проектируемого объекта обеспечивается, главным образом, следующими мероприятиями:

- системами предотвращения пожара;
- организационно-техническими мероприятиями.

Системы предотвращения пожара исключают образование горючей среды или внесения в нее источников зажигания, следующими способами:

- максимально возможным применением негорючих материалов;

Организационно-технические мероприятия направлены на предупреждение пожаров и уменьшение их последствий в случае возникновения.

Факторами, способствующими развитию аварии, являются:

- нарушение правил эксплуатации, правил противопожарной безопасности;
- проведение огневых работ без предварительной оценки загазованности территории;
- складирование вблизи потенциальных мест возгорания горючих материалов;

- использование инструмента, не допустимого к работе на газовом оборудовании;
- нарушение сроков очередных профилактических осмотров оборудования;
- неудовлетворительная организация технического обслуживания технологического оборудования и производства работ;
- отсутствие производственного контроля, а также контроля работы оборудования;
- низкая производственная и технологическая дисциплина, нарушения производственных инструкций персоналом, отсутствие практических навыков или халатность.

6.2.2 Разработка методов защиты от вредных и опасных факторов

На всех этапах выполнения работ по строительству опасных производственных объектов магистрального газопровода должен быть организован входной контроль конструкций, изделий, материалов, оборудования и технических устройств, а также контроль качества выполнения работ и всех технологических операций.

Для выполнения сварочно-монтажных работ на опасных производственных объектов магистрального газопровода следует привлекать организации, имеющие право (аттестованные) выполнения таких работ. Технология проведения сварочных работ, сварочные материалы и оборудование, должны быть согласованы с заказчиком и аттестованы в установленном порядке.

Работники, осуществляющие непосредственное руководство и выполнение сварочных работ, должны быть аттестованы в соответствии с

Правилами аттестации сварщиков и специалистов сварочного производства, Все сварные соединения трубопроводов подлежат 100%, визуально-измерительному контролю. Визуально-измерительный контроль, выполняется с целью подтверждения качества выполнения операций сварки требованиям нормативной документации. Сварные соединения, признанные годными по результатам визуально-измерительного контроля, подлежат неразрушающему контролю физическими методами на участках.

Сварные соединения считаются годными, если в них отсутствуют дефекты, размеры которых не превышают допустимые нормы, указанные в СТО Газпром 2-2.4-083-2006.

Для защиты тела применяются огнестойкая спецодежда (костюмы брезентовые или хлопчатобумажные с огнестойкой пропиткой).

6.2.3 Безопасность при транспортных и погрузочно-разгрузочных работах

Работы выполнять с учетом требований «Правил по охране труда при погрузочно-разгрузочных работах и размещении грузов», утвержденных приказом Минтруда и соцзащиты РФ от 17.09.2014 N 642н.

При перевозке труб и других грузов необходимо выполнение следующих мероприятий:

- перед перевозкой трубы необходимо надежно укрепить, а их передние и задние торцы закрепить против продольного смещения ограничителями-крючьями, присоединенными канатом или цепью к конику автомобиля и прицепа;

- при движении под ВЛ от 1 до 35 кВ допустимое расстояние от нижнего провода до наиболее выступающей части автомобиля с грузом должно быть не менее 1,0 м;

- переезд рек и водоемов, действующих коммуникаций разрешается только в установленных местах, обозначенных вехами и указателями.

При производстве погрузо-разгрузочных работ подъемными кранами и трубоукладчиками запрещается:

- устанавливать краны на свеженасыпном, неутрамбованном грунте;
- отрывать крюком крана и крана-трубоукладчика грузы, засыпанные землей, заложенные другими грузами или примерзшие к земле (мертвые грузы);
- проносить груз над людьми, а также находиться людям в зоне работы крана;
- участвовать в погрузочно-разгрузочных работах шоферам или другим лицам, не входящим в состав бригады;
- устанавливать грузоподъемные краны и работать на них непосредственно под проводами ЛЭП любого напряжения;
- контроль за правильностью строповки;
- контроль за своевременностью аттестации оснастки, грузоподъемных средств и стропов.

6.2.4 Безопасность при проведении земляных работ

К выполнению работ допускаются лица, прошедшие инструктаж, обучение и проверку знаний по технике безопасности в соответствии с утвержденным действующим ведомственным Положением.

Все работающие на трассе должны быть ознакомлены с предупредительными знаками, применяемыми при производстве земляных работ.

Место работ, транспортные и ремонтные машины должны быть обеспечены аптечками с комплектом кровоостанавливающих, перевязочных и других средства, необходимых для оказания первой помощи. Работающие должны быть ознакомлены с правилами оказания первой доврачебной помощи.

Перед началом маневрирования в процессе работы экскаватора машинист обязан убедиться в отсутствии людей в опасной зоне работающего экскаватора, определяемой длиной стрелы и вытянутой рукояти.

Во время работы машинисту экскаватора запрещается:

- производить поворот платформы, если ковш не извлечен из грунта;
- планировать грунт, очищать площадку боковым движением рукояти;
- очищать, смазывать, регулировать, эксплуатировать экскаватор при поднятом ковше;
- производить какие-либо работы при нахождении людей между забоем и экскаватором;
- покидать рабочее место при поднятом ковше.

Разработка грунта в выемках с вертикальными стенками без крепления допускается на глубину не более, м:

- 1 – в насыпных песчаных и крупнообломочных грунтах;
- 1,25 – в супесях;
- 1,5 – в суглинках и глинах.

Если глубина выемок достигает большей глубины, то необходимо ставить крепления стенок выемок или делать откосы.

Грунт, извлеченный из траншеи, следует укладывать в отвал с одной стороны траншеи, оставляя другую сторону свободной для передвижения

ремонтно-строительной техники. Во избежание обвала извлеченного грунта в траншею, а также обрушения стенок траншеи, основание отвала извлеченного грунта следует располагать в зависимости от состояния грунта и погодных условий, но не ближе 0,5 м от края траншеи. При производстве земляных работ использовать одноковшовый экскаватор с обратной лопатой.

При необходимости очистки ковша машинист экскаватора обязан опустить его на землю и выключить двигатель.

6.2.5 Безопасность сварочных работ

К выполнению электросварочных и газосварочных работ допускаются работники в возрасте не моложе 18 лет, прошедшие обязательный предварительный медицинский осмотр, инструктажи по охране труда, обучение безопасным методам и приемам выполнения работ, стажировку на рабочем месте и проверку знаний в установленном порядке. Периодическая проверка знаний проводится не реже одного раза в 12 месяцев

При выполнении электросварочных работ необходимо соблюдать требования ГОСТ 12.3.003-86* ССБТ «Работы электросварочные. Требования безопасности», «Правил по охране труда при выполнении электросварочных и газосварочных работ», утвержденных приказом Минтруда и соцзащиты РФ от 23 декабря 2014 г. № 1101н. На основе Правил и требований технической документации организации-изготовителя на конкретные виды электросварочного, газосварочного оборудования и инструмента работодателем разрабатываются инструкции по охране труда для профессий и (или) видов выполняемых работ, которые утверждаются локальным нормативным актом работодателя, с учетом мнения соответствующего профсоюзного органа либо иного уполномоченного работниками представительного органа (при наличии).

Ответственным за проведение сварочных работ на газопроводе назначается инженерно-технический работник, прошедший обучение и проверку знаний требований охраны труда, безопасного ведения сварочных работ в условиях взрывоопасного, взрывопожарного и пожароопасного производства.

- при производстве сварочных работ в рабочем котловане определить места для страхующих (не менее двух) на берме траншеи и обеспечить непрерывную страховку электросварщика спасательной веревкой, привязанной к его предохранительному поясу;

- при проведении сварочных работ обеспечить контроль газовоздушной среды;

- руководить сварочными работами и контролировать их выполнение;

- проверить по окончании сварочных работ место работы на отсутствие очагов возможного пожара.

Передвижные электросварочные агрегаты должны быть надежно заземлены. Перед началом работы необходимо особо тщательно проверить целостность электроизоляции всех проводов.

При стыковке труб запрещается держать руки в световом пространстве между торцами труб.

Рабочие места обеспечиваются следующими средствами тушения пожара:

- огнетушитель порошковый ОП-10, предназначенный для тушения пожара твердых горючих материалов, легковоспламеняющихся и горючих жидкостей;

- огнетушитель углекислотный ОУ-10 для тушения небольших поверхностей горючих жидкостей, электрооборудования и установок, находящихся под напряжением.

На месте производства работ устанавливается противопожарный режим, определяются места размещения и допустимое количество горючих материалов, порядок проведения огневых работ. Место для курения разрешается устраивать на расстоянии, не ближе 100 м от места производства работ, оборудованное согласно правилам и нормам.

6.2.6 Защита от движущихся механизмов

Для защиты работающих от движущихся механизмов предусмотрено следующее:

- проходы: между оборудованием, движущимися механизмами и перемещаемыми деталями, а также между постами – не менее 1 м; между автоматическими сварочными постами – не менее 2 м;
- свободная площадь на один сварочный пост – не менее 3 м²;
- обеспечивается безопасное для выполнения работ освещение рабочих мест.

6.3 Экологическая безопасность

6.3.1 Анализ влияния производственного процесса на окружающую среду

Воздействие на атмосферу.

Источниками выбросов загрязняющих веществ в воздушный бассейн при строительстве являются:

- двигатели внутреннего сгорания автотранспорта и строительной техники

- открытая стоянка автотранспорта и спецтехники);
- сварочные работы;
- окрасочные работы;
- металлообработка;
- двигатели компрессоров (компрессорный пост);
- двигатели ДЭС (дизельный пост); - пескоструйная обработка (пескоструйный агрегат).

Максимально-разовый выброс загрязняющих веществ определен с учетом фактора одновременности выполняемых работ. Перечень загрязняющих веществ, выделяющихся в период строительства газопровода и их краткая характеристика приведены в таблице

Таблица 18 – Перечень загрязняющих веществ выбрасываемых в атмосферу на существующее положение [20]

Код ЗВ	Наименование загрязняющего вещества	ПДКм.р, мг/м ³	ПДКс.с., мг/м ³	Класс опасности
1	2	3	4	6
0123	дижелезо триоксид, (железа оксид)	/в пересчете на железо/	0,04	3
0143	Марганец и его соединения /в пересчете на марганца (IV) оксид/	0,01	0,001	2
0301	Азота диоксид	0,2	0,04	3
0328	Углерод	0,15	0,05	3
0330	Сера диоксид	0,5	0,05	3
0337	Углерода оксид	5	3	4
0342	Фтористые газообразные соединения /в пересчете на фтор/ (гидрофторид)	0,02	0,005	2
0621	Метилбензол	0,6		

2902	Взвешенные вещества	0,5	0,15	3
2908	Пыль неорганическая, содержащая двуокись кремния 70-20% (шамот, цемент, пыль цементного производства - глина, глинистый сланец, доменный шлак, песок, клинкер, зола кремнезем и другие)	0,3	0,1	3

Влияние на гидросферу в период строительно-монтажных работ вода расходуется на питьевые, хозяйственно-бытовые, а также на производственные и противопожарные нужды.

Таблица 19 – Расход воды на период строительства участка газопровода

Наименование	Водопотребление на период строительства, м3	Водоотведение на период строительства, м3
Расход воды на хозяйственно-питьевые нужды	36,8	36,8
Расход воды на производственные-технические нужды	44,1	безвозвратное
Расход воды на пожаротушение	5,0	безвозвратное

Согласно СП 32.13330.2012 удельное среднесуточное (за год) водоотведение бытовых сточных вод следует принимать равным расчетному удельному среднесуточному (за год) хозяйственно-питьевому водопотреблению. Расход воды на технические нужды и пожаротушение в

водоотведении не учитывается, так как является безвозвратными потерями. Норматив водоотведения принят равный хозяйственно-бытовому расходу воды.

В качестве питьевой предполагается использование привозной бутилированной воды питьевого качества согласно СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству питьевой воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества».

Влияние на литосферу. В период проведения строительства образуются отходы от используемых материалов, демонтажных работ и жизнедеятельности рабочих. Образующиеся отходы подлежат размещению (захоронению) или обезвреживанию в соответствии с требованиями нормативных документов и природоохранных органов государственного контроля.

Источники образования отходов

В период строительства газопровода неизбежно образование бытовых и промышленных отходов, количество которых зависит от объемов производства работ, количества рабочих, качественных и количественных характеристик используемых строительных материалов. Образование отходов производства и потребления расценивается как значимый экологический аспект намечаемой хозяйственной деятельности. Воздействие отходов хозяйственной и производственной деятельности в период проведения работ на окружающую среду обусловлено:

- количественными и качественными характеристиками образующихся отходов (количество образования, класс опасности, свойства отходов);
- условиями временного накопления отходов на участке проведения работ;
- условиями транспортирования отходов к местам утилизации специализированными организациями.

Бытовыми отходами являются отходы, образованные в результате жизнедеятельности людей, занятых в строительстве.

Производственные отходы представлены демонтируемыми элементами, остатками сырья и материалов.

При строительстве магистрального газопровода образуются отходы:

- от демонтируемых конструкций и оборудования;
- от используемого в процессе производства работ сырья и материалов
- от жизнедеятельности рабочих.

1) Мусор от офисных и бытовых помещений организаций несортированный.

2) Остатки и огарки стальных сварочных электродов. В процессе строительства производится ручная дуговая сварка, с применением электродов марок LB-52U, ОК53.70 в результате которой образуется отход – остатки и огарки стальных сварочных электродов.

3) Отходы (мусор) от строительных и ремонтных работ:

- в процессе производства работ осуществляются работы по пескоструйной обработке материалов.

- так же, в качестве дополнительных материалов используются древесные пиломатериалы, брусня.

4) В процессе строительных работ осуществляются окрасочные и гидроизоляционные работы с применением битумов, красок, мастик, лаков, грунтовок.

5) Отходы фиксажных растворов при обработке рентгеновской пленки

В процессе строительных работ осуществляется рентгенографический контроль сварных соединений. Для фотохимической обработки пленки применяется фотофиксаж, фотопроявитель.

6.3.2 Обоснование мероприятий по защите окружающей среды

6.3.2.1 Мероприятия по охране атмосферного воздуха

Уровень загрязнения атмосферы характеризуется объемом, скоростью выброса, температурой, концентрацией загрязняющих веществ.

В период строительства виды воздействия на окружающую среду являются планируемыми, контролируруемыми. Для снижения выбросов ЗВ в атмосферу в процессе проведения ремонтных работ необходимо:

- приведение и поддержание технического состояния и профилактических работ строительных машин, механизмов и автотранспортных средств с контролем выхлопных газов ДВС для проверки токсичности, в соответствии с нормативными требованиями по выбросам вредных веществ;

- недопущение к работе машин, не прошедших технический осмотр с контролем выхлопных газов ДВС;

- обеспечение оптимальных режимов работы, позволяющих снизить расход топлива на 10-15 % и соответствующее уменьшение выбросов вредных веществ;

- применение малосернистого и неэтилированного видов топлива;

- осуществление заправки машин, механизмов и автотранспорта при обязательном оснащении топливозаправщиков специальными раздаточными пистолетами;

- подвозка и заправка всех транспортных средств горюче-смазочными материалами по «герметичным» схемам, исключая попадание летучих компонентов в окружающую среду;

- сократить нерациональные и «холостые» пробеги автотранспорта путем оперативного планирования перевозок.

При неблагоприятных метеоусловиях целесообразно провести мероприятия общего характера:

- усилить контроль за точным соблюдением технологического регламента производства;
- не проводить освобождение газопровода;
- запретить работу оборудования на форсированном режиме;
- рассредоточить движение транспорта во времени. Определяющим условием минимального загрязнения атмосферы отработавшими газами дизельных двигателей дорожных машин и оборудования является правильная эксплуатация двигателя, своевременная регулировка системы подачи и ввода топлива.

6.3.2.2 Мероприятия по защите гидросферы

Для предупреждения негативного воздействия на подземные воды при проведении ремонтных работ предусмотрен комплекс мероприятий. Природоохранные мероприятия общего характера:

- опережающее устройство внутриплощадочных проездов, временных переездов. Передвижение и проезд строительной техники должен осуществляться по существующим и проектируемым проездам в пределах границы полосы отвода;
- строгое соблюдение правил производства работ в охранной зоне магистральных трубопроводов;
- временное накопление отходов производства и потребления, образовавшихся при проведении работ, в специально оборудованных и

размещаемых на оборудованной площадке металлических контейнерах, которые по мере заполнения должны вывозиться на специализированные пункты утилизации, захоронения;

- своевременный и правильный сбор и временное накопление производственных и бытовых отходов;
- запрет мойки и ремонта машин и механизмов на строительной площадке;
- исключение хранения топлива на строительной площадке.

6.3.2.3 Мероприятия по защите литосферы

Основные требования к местам и способам временного накопления отходов производства и потребления.

Временное накопление отходов следует осуществлять на площадках, исключающих загрязнение окружающей среды. В соответствии с экологическими, санитарными, противопожарными нормами и правилами, место и способ временного накопления отхода должны отвечать следующим требованиям:

- отсутствие влияния накапливаемого отхода на окружающую среду;
- предотвращение потери отходом свойств вторичного сырья в результате
 - неправильного складирования и накопления;
 - недопущение замусоривания территории;
 - удобство вывоза отходов.

Особенности обращения с отходами в период производства работ заключаются в следующем: время воздействия на окружающую среду ограничено сроками проведения работ, отсутствует длительное накопление

ОТХОДОВ, т.к. ВЫВОЗ ОТХОДОВ в места захоронения, обезвреживания или использования производится в процессе производства работ.

6.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Чрезвычайная ситуация (ЧС) – состояние, при котором в результате возникновения источника ЧС на объекте, определённой территории или акватории нарушаются нормальные условия жизни и деятельности людей, возникает угроза их жизни и здоровью, наносится ущерб имуществу населения, народному хозяйству и окружающей природной среде.

6.4.1 Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований

Основные понятия при возникновении ЧС это:

Авария – это серьёзное разрушение технических устройств и конструктивных элементов здания, которое происходит в результате точно определяемого события, такого как выброс опасных веществ, неконтролируемый взрыв.

Инцидент – отказ технических устройств или серьёзное повреждение на опасном производстве. К данным ситуациям относятся отклонения от стандартного режима работы.

Основное различие заключается в том, что авария на опасном производственном объекте имеет более тяжёлые последствия. Под ней понимают нарушение функционирования объекта в результате поломок, взрыва, разрушения конструкции. Возможны значительные жертвы и нанесение вреда

здоровью сотрудников. Негативному воздействию подвергается окружающая среда.

В качестве инцидента называют нарушение стандартного функционирования производства или отклонение от технологического процесса. Здесь не бывает таких серьезных последствий, а работа восстанавливается гораздо быстрее.

Авария на газопроводе возможна в связи с дефектами используемых материалов, подземной коррозией металла, от механических повреждений и стихийных бедствий или нарушениями режима эксплуатации. Наиболее тяжелая авария возможна при повреждении газопровода с последующим полным разрушением, неуправляемым выбросом природного газа в атмосферу и его возгоранием. При этом возможно поражение обслуживающего персонала и лиц, осуществляющих работы вблизи трасс газопроводов, негативное воздействие на окружающую среду.

Разрушение: Событие, заключающееся в деформировании, изменении геометрических размеров конструкций или отдельных элементов технологической системы (с возможным разделением их на части) в результате силовых, термических или иных воздействий, сопровождающееся нарушением работоспособности объекта..

Взрывоопасная зона: Помещение или ограниченное пространство в помещении или наружной установке, в котором имеются или могут образоваться взрывоопасные смеси

К наиболее значимым факторам, влияющим на возможность возникновения и развития аварий, относятся:

- наружная коррозия металла труб;
- коррозионное растрескивание под напряжением;
- механические повреждения;
- брак строительно-монтажных работ;

- дефекты труб и оборудования;
- нарушения правил эксплуатации;
- сложные природно-климатические условия и стихийные бедствия.

6.4.2 Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть при производстве объекта исследования на производстве

В качестве основного поражающего фактора аварийного разрыва газопроводов рассматривается термическое воздействие пожара при следующих возможных вариантах его развития: «пожар в котловане» и «струевое» горение.

Факторами, инициирующими разрушение газопроводов, являются поверхностные повреждения и дефекты, предотвратить которые в полном объеме не представляется возможным. Происхождение и характер проявления их могут быть самыми различными. Так, например, вмятины, гофры, надрывы и другие механические повреждения возникают, как правило, в результате внешних силовых воздействий и проявляются либо непосредственно в момент такого воздействия, либо в течение сравнительно небольшого промежутка времени после него. По причинам возникновения дефекты можно разделить на: коррозионные, строительные, сварных швов, стресскоррозионные и металлургические. Как правило, они имеют тенденцию к накопительному росту. Период их развития может быть довольно продолжительным, однако с определенной вероятностью дефект в любой момент может достичь критических размеров, следствием чего является разрушение трубопровода.

Из всего многообразия возможных аварий на газопроводах наибольшую опасность представляют аварии, связанные с разрывом трубопроводов на

полное сечение. В настоящее время существует два основных направления ликвидации вероятности возникновения и последствий ЧС на промышленных объектах. Первое направление заключается в разработке технических и организационных мероприятий, уменьшающих вероятность реализации опасного поражающего потенциала современных технических систем. Второе направление заключается в подготовке объекта, обслуживающего персонала, служб ГО и населения к действиям в условиях ЧС.

Основные принципы защиты населения при ЧС мирного и военного времени:

- обучение всех групп населения правилам поведения и основным способам защиты от ЧС, приёмам оказания первой медицинской помощи пострадавшим, правилам пользования средствами коллективной и индивидуальной защиты;
- обучение руководителей всех уровней управления действиям по защите населения от ЧС;
- выработка у руководителей и специалистов в области защиты от ЧС навыков по подготовке и управлению силами и средствами, входящими в единую государственную систему предупреждения и ликвидации ЧС;
- практическое усвоение работниками в составе сил РСЧС своих обязанностей при действиях в ЧС.

Защита населения в ЧС представляет собой комплекс мероприятий, проводимых с целью не допустить поражения людей или максимально снизить степень воздействия поражающих факторов.

Обязательным является комплексность проведения защитных мероприятий, использования одновременно различных способов защиты. Это связано со значительным разнообразием опасных и вредных факторов и повышает эффективность имеющихся в настоящее время способов защиты.

К основным способам защиты населения в ЧС относятся:

- укрытие населения в защитных сооружениях (средства коллективной защиты);
- использование средств индивидуальной защиты и медицинской защиты;
- рассредоточение и эвакуация населения из опасных зон.

6.4.3 Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС

Сборка и сварка относится к магистральным газопроводам. Функциональное назначение – транспорт газа от магистрального газопровода до потребителей.

Для антикоррозионной защиты трубопровода применяется лакокрасочное и полимерно-битумное покрытие. Для герметизации сварных стыков применяются термоусаживающиеся манжеты. Прокладка газопровода предусмотрена подземной. Глубина заложения трубопровода составляет не менее 0,8 м до верхней образующей трубы. Для сохранности и исключения повреждения изоляционного покрытия газопровода предусмотрена подсыпка мягким грунтом (предварительно разрыхленным) толщиной не менее 10 см под трубопровод и засыпку мягким грунтом на толщину 20 см над верхней образующей трубы. От оси строящегося участка подземного газопровода до населенных пунктов, отдельных промышленных зданий и сооружений устанавливается охранный зона – в виде участка земли, ограниченного условными линиями, проходящими в 25 м от оси трубопровода с каждой стороны.

Заключение

В представляемой выпускной квалификационной работе разработана технология сборки - сварки неповоротного стыка магистрального газопровода диаметром 1020 мм с толщиной стенки равной 16 мм.

В ВКР представлен рациональный выбор способа сварки, произведен выбор режимов сварки в соответствии с толщиной стенки трубы, требуемыми размерами и формой шва. На основе проведенного анализа целесообразно выбрали подходящее оборудование и материалы. В работе предложено заменить ручную дуговую сварку покрытыми электродами на сварку порошковой проволокой сплошного сечения в среде защитных газов.

Разработаны мероприятия по технике безопасности и охрана труда при выполнении сборочно-сварочных и слесарных операций.

Приведен технико-экономический анализ сравнения базового и предлагаемого технологических процессов сварки магистрального газопровода.

Для сборки и сварки магистрального газопровода предложена сварка в среде защитного газа. Произведен выбор сварочной проволоки Innershield NR-203Ni1. В качестве оборудования используется механизм подачи проволоки K316L-1 LN-23P, сварочный аппарат инвертор Lincoln Electric Invertec V350-PRO.

На основе такой замены был рассчитан экономический эффект:

$$\Xi=20762,52 \text{ руб/изд.}$$

В итоге можно сказать, что для обоих методов сварки, ожидается получение качественного сварного соединения, отвечающего всем необходимым требованиям при соблюдении разработанной технологии сварки.

Все же, дальнейшее внедрение разработанных режимов сварки может быть только после череды опытов и последующей проверки, которая будет заключаться в визуальном и разрушающем контроле сварного соединения. Данная система подтверждения необходима, поскольку зачастую теоретические данные, полученные в результате разработки, могут отличаться от практических.

Список используемых источников

1. Томас К. И., Ильященко Д. П. Технология сварочного производства. Томск. «Томский политехнический университет» – 2011. – 247 с.
2. Куликов О. Н. Охрана труда при производстве сварочных работ.: Академия, 2006 – 176 с.
3. ГОСТ 5264-80* Ручная Дуговая Сварка. Соединения сварные основные типы, конструктивные элементы и размеры
4. СТО Газпром 2-2.2-136-2007. Стандарт организации. Инструкция по технологиям сварки при строительстве и ремонте промышленных и магистральных газопроводов. Часть I: «Научно-исследовательский институт природных газов и газовых технологий – ВНИИГАЗ», 2007.
5. СТО ГАЗПРОМ 14-2005. Типовая инструкция по безопасному проведению огневых работ на газовых объектах ОАО Газпром. – ООО «Научно-исследовательский институт природных газов и газовых технологий» – ВНИИГАЗ.
6. Сталь 17Г1С (17Г1С-У) конструкционная низколегированная кремнемарганцовистая [Электронный ресурс] – режим доступа к ст.: <https://mmetallurg.ru/marochnik-stali/konstrukcionnaya/uglerodistaya-obyiknovennaya/17g1s/?yclid=2425408227435117102>
7. Сварочные электроды ESAB/ Электроды для низколегированных сталей – режим доступа ст.: <https://www.esab.ru/ru/ru/index.cfm>.
8. Сварочные электроды Kobelco/ Электроды для низколегированных сталей – режим доступа ст.: <https://weldelec.com/kobelco/>

9. Выпрямитель сварочный ВДУ 306 МТУЗ /
http://aistsoft.ru/passport/tehnologicheskoe_oborudovanie_krome_himicheskogo_i_vypryamitel_svarochnyy-vdu-306mtu3_.htm

10. K316L-1 LN-23P Механизм подачи проволоки [Электронный ресурс] – режим доступа к ст.: <http://svarportal.ru/shop/product/k316l-1-mekhanizm-podachi-provoloki-ln-23p>

11. Сварочный аппарат инвертор Lincoln Electric Invertec V350-PRO [Электронный ресурс] – режим доступа к ст.: <https://kemerovskaya-obl.tiu.ru/p387241274-svarochnyj-apparat-invertor.html>

12. Проволока Innershield NR-203Ni1 (1%) Ø2×6,35кг [Электронный ресурс] – режим доступа к ст.: http://anot.su/catalog/svarochnye_materialy/poroshkovye_provoloki/5307/

13. СНиП 12-03-2001. Безопасность труда в строительстве часть 1. общие требования.

14. СНиП 2.05.06-85. Магистральные трубопроводы

15. СН 452-73. Нормы отвода земель для магистральных трубопроводов.

16. СН 452-73. Нормы отвода земель для магистральных трубопроводов

17. СНиП 12-01-2004. Организация строительства.

18. О.Н. Жданова. Организация производства и менеджмент: методические указания к выполнению курсовой работы для студентов специальности 120500 «Оборудование и технология сварочного производства» - Юрга; ИПЛ ЮТИ ТПУ, 2005. – 32с.

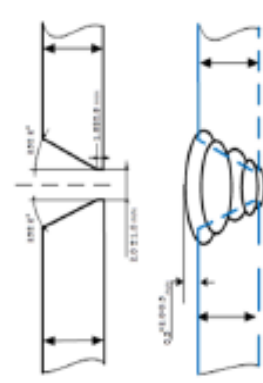
19. Методические указания по разработке раздела «Социальная ответственность» выпускной квалификационной работы магистра, специалиста и бакалавра всех направлений (специальностей) и форм обучения ТПУФГАОУ ВПО НИ ТПУ, 2019, Е.Н. Пашков, И.Л. Мезенцева, 2019

20. ГОСТ 12.0.0030 - 74 «ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация (с изменениями по И-Л-Х1-91)»
21. Куликов О.Н. Охрана труда при производстве сварочных работ.: Академия, 2006 – 176 с.
22. П.П. Кукин, В.Л. Лапин, Е.А. Подгорных и др. Безопасность жизнедеятельности. Безопасность технологических процессов и производств (Охрана труда). Учеб. пособие для вузов / М.: Высшая школа, 2004. – 298с.
23. Н.А. Гаврикова, Л.Р. Тухватулина, И.Г. Видяев «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014.
24. Сварка порошковой проволокой [Электронный ресурс] – режим доступа к ст.
https://yandex.ru/images/search?text=сварка%20порошковой%20проволокой&stype=image&lr=11299&source=wiz&pos=3&img_url=https%3A%2F%2Fwww.we
25. Официальный сайт Министерства энергетики Российской Федерации. Свидетельство о регистрации СМИ Эл № ФС77-76312 от 02 августа 2019 года

Приложение А

(Справочное)

Операционно-технологическая карта сборки и сварки механизированной
сварки порошковой проволокой в среде защитных газов неповоротных
кольцевых стыковых сварных соединений труб [4]

ОПЕРАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА									
сборки и сварки порошковой проволокой неповоротных кольцевых стыковых сварных соединений труб									
ДИАМЕТР 1020 мм		Процессы сварки		КОНСТРУКТИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ					
		1) Корневой слой - полуавтоматическая сварка порошковой проволокой «на подъем». 2) Заполняющие и облицовочный слои - полуавтоматическая сварка порошковой проволокой «на спуск».		труба + труба					
Номер ТУ, ГОСТ, марка стали		Диаметр, мм	Класс прочности стали	Нормативный предел прочности, МПа	Эквивалент углерода, %	Характеристика труб			
						Форма разделки кромок и сварного шва			
17Г1С ТУ 14-1-1921-76		1020	K54	530	0,397	Сварочные материалы			
									
Наименование параметра, единица измерения		Режимы сварки				Дополнительные требования и рекомендации			
		Наименование слоя шва							
Направление сварки		Корневой	Заполняющие	Облицовочный					
				На спуск	На спуск				
Скорость подачи проволоки, см/мин		220	250	200					
Род тока, полярность		Постоянный ток, обратная полярность	Постоянный ток, обратная полярность	Постоянный ток, обратная полярность					
Напряжение на дуге, В		15-17	18,5 – 19,5	17,5 – 18,5					
Вылет электрода, мм		13,0	13,0	13,09,5					
Расход защитного газа Q, л/мин		15...16	15...16	15...16					
Угол наклона электрода, мин ⁻¹		0-7	0-7	0-7					

1. Для выполнения сварных соединений следует использовать трубы с одинаковой нормативной толщиной стенки. Толщина стенки трубопровода диаметром 1020 мм является в пределах 8 – 32 мм.

2. Сварку корневой слоя шва и прихватки выполняются одновременно двумя сварщиками. Длина прихваток 60-100 мм. Количество 4 шт. Центратор типа ЦЗН 1020.

3. Смещение кромок труб после сборки не должно превышать 3 мм.

4. При сборке заводские сварные швы следует смещать на расстояние, не превышающее 100 мм.

5. Сварные соединения с толщиной стенки 16 мм оставлять незаконченными не допускается.

- Для выполнения сварных соединений следует использовать трубы с одинаковой нормативной толщиной стенки. Толщина стенки трубопровода диаметром 1020 мм является в пределах 8 – 32 мм.
- Сварку корневого слоя шва и прихватки выполняются одновременно двумя сварщиками. Длина прихваток 60-100 мм. Количество 4 шт. Центратор типа ЦЗН 1020.
- Смещение кромок труб после сборки не должно превышать 3 мм.
- При сборке заводские сварные швы следует смещать на расстояние, не превышающее 100 мм.
- Сварные соединения с толщиной стенки 16 мм оставлять незаконченными не допускается.

ПЕРЕЧЕНЬ И ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ОПЕРАЦИЙ СБОРКИ И СВАРКИ			
№ п/п	Операция	Содержание операций	Оборудование и инструмент
1.	Очистка труб	Внутреннюю и наружную неизолированную поверхность труб очистить от земли и других загрязнений на расстоянии 1 м от торцов труб.	Средство- SKYSCRAPER, кол-во 2шт; Металлическая щетка, STAINLESSSTEL, кол-во 2шт
2.	Подготовка кромок	Осмотреть поверхность и кромки труб. Устранить зафонование на наружной поверхности неизолированных торцов труб парашам, раски, задеры глубиной до 5% от нормативной толшины стенки, но не более минусового допуска на толщину стенки, регламент ТУ. Концы труб с задирами и задерами фаски более 5% от нормативной толшины стенки или мятными более 36 мм следует обрезать, а образовавшуюся кромку обработать станком типа СПК или шлифовальной с восстановлением заводской формы разделки кромок. Зачистить до чистого металла арматуру и кромки внутреннюю и наружную поверхность трубы на глубину не менее 15 мм.	Угловая шлифовальная машинка BOSCH GRB 14 CE PROFESSIONAL 06018A9000, кол-во 2 шт. Универсальный шаблон сварщика, УШС-3, кол-во 2шт; Линейка 300, кол-во 2шт; Штангенциркуль ШЦ-2, кол-во 2шт
3.	Сборка труб	Осуществлять сборку труб на сектораторе типа ЦДН 720. Смещение кромок должно быть равномерно распределено по периметру стыка. Максимальная величина распределенного смещения не должна превышать 2,0 мм. Принимать постановку прихваток. Выполнить зачистку прихваток. Осуществить визуальный контроль прихваток.	Механизм подачи проволоки K316L-1 LN-23P кол-во 2шт, Сварочный аппарат инвертор Lincoln Electric Invetec V350-PRO кол-во 2шт, K350-1 . Центратор типа ЦДН 1020 кол-во 1шт, Универсальный шаблон сварщика, УШС-3, кол-во 2шт, Угловая шлифовальная машинка BOSCH GRB 14 CE PROFESSIONAL 06018A9000- 2 шт., Металлическая щетка, STAINLESSSTEL 2шт.
4.	Сварка корневого слоя	Выполнить сварку корневого слоя шва полуавтоматической сваркой порошковой проволокой. Провести тщательную обработку абразивным кругом поверхности корневого слоя шва. Осуществить визуальный контроль корневого слоя шва.	Механизм подачи проволоки K316L-1 LN-23P кол-во 2шт, Сварочный аппарат инвертор Lincoln Electric Invetec V350-PRO кол-во 2шт, K350-1 комплект адаптера LN-23P для 14-пин соединения кол-во 2шт, Угловая шлифовальная машинка BOSCH GRB 14 CE PROFESSIONAL 06018A9000- 2 шт., Универсальный шаблон сварщика УШС-3, кол-во 2 шт.
5.	Сварка заполняющих и облицовочного слоев	Выполнить сварку заполняющих слоев полуавтоматической сваркой порошковой проволокой, последнюю зачищая заполняющие слои, осуществляя визуальный контроль каждого слоя. Выполнить сварку облицовочного слоя шва полуавтоматической сваркой самозащитной проволокой. Провести зачистку металлической щеткой облицовочного слоя шва. Осуществить визуальный контроль облицовочного слоя шва.	Механизм подачи проволоки K316L-1 LN-23P кол-во 2шт, Сварочный аппарат инвертор Lincoln Electric Invetec V350-PRO кол-во 2шт, K350-1 комплект адаптера LN-23P для 14-пин соединения кол-во 2шт, Металлическая щетка, STAINLESSSTEL 2шт, Универсальный шаблон сварщика УШС-3, кол-во 2 шт., Комплект glovego оборудования-2шт
6.	Клеймение	Нанести клеймо сварщика, выполнявшего сварку, в непосредственной близости от выполненного сварного шва.	Несмываемая краска
7.	Контроль стыка	1. В процессе сварки должен осуществляться пооперационный внешний осмотр качества выполнения каждого слоя шва, при этом видимые поверхностные дефекты слоев шва, включая трещины в кратерах, должны устраняться по мере их выявления. Пооперационный внешний осмотр должен осуществляться непосредственным руководителем сварочных работ (мастером, прорабом), являющимся специалистом сварочного производства не ниже II-го уровня профессиональной подготовки в соответствии с ПБ 03-273-99 с учетом Технических требований.	Аппарата для рентгеновского контроля АРИНА-7, УШС-3, линейка

