

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

### БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
<b>Разработка технологии сборки и сварки магистрального газопровода труб диаметром 720 мм</b>

УДК 621.791.01:622.691.4.053-049.32

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-1В71	Сабиров Иномжон Икромович		

Руководитель ВКР

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

### КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Якимова Т.Б.	к.т.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ООД ШБИП	Мезенцева Ирина Леонидовна	к.т.н.		

Нормоконтроль

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Арышева Г.В.	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

<b>Планируемые результаты освоения ООП</b>	
<b>Код компетенции</b>	<b>Наименование компетенции</b>
<b>Универсальные компетенции</b>	
УК(У)-1	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач
УК(У)-2	Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений
УК(У)-3	Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде
УК(У)-4	Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном(-ых) языке(-ах)
УК(У)-5	Способен воспринимать межкультурное разнообразие общества в социально-историческом, этическом и философском контекстах
УК(У)-6	Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни
УК(У)-7	Способен поддерживать должный уровень физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности
УК(У)-8	Способен создавать и поддерживать безопасные условия жизнедеятельности, в том числе при возникновении чрезвычайных ситуаций
УК(У)-9	Способен проявлять предприимчивость в профессиональной деятельности, в т.ч. в рамках разработки коммерчески перспективного продукта на основе научно-технической идеи
<b>Общепрофессиональные компетенции</b>	
ОПК(У)-1	умеет использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования
ОПК(У)-2	осознает сущности и значения информации в развитии современного общества
ОПК(У)-3	владеет основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации
ОПК(У)-4	способен решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности

<b>Профессиональные компетенции</b>	
ПК(У)-1	способен обеспечивать технологичность изделий и процессов их изготовления; умением контролировать соблюдение технологической дисциплины при изготовлении изделий
ПК(У)-2	способен разрабатывать технологическую и производственную документацию с использованием современных инструментальных средств
ПК(У)-3	способен обеспечивать техническое оснащение рабочих мест с размещением технологического оборудования; умением осваивать вводимое оборудование
ПК(У)-4	способен участвовать в работах по доводке и освоению технологических процессов в ходе подготовки производства новой продукции, проверять качество монтажа и наладки при испытаниях и сдаче в эксплуатацию новых образцов изделий, узлов и деталей выпускаемой продукции
ПК(У)-5	умеет проверять техническое состояние и остаточный ресурс технологического оборудования, организовывать профилактический осмотр и текущий ремонт оборудования
ПК(У)-6	умеет проводить мероприятия по профилактике производственного травматизма и профессиональных заболеваний, контролировать соблюдение экологической безопасности проводимых работ
ПК(У)-7	умеет выбирать основные и вспомогательные материалы и способы реализации основных технологических процессов и применять прогрессивные методы эксплуатации технологического оборудования при изготовлении изделий машиностроения
ПК(У)-8	умеет применять методы стандартных испытаний по определению физико-механических свойств и технологических показателей используемых материалов и готовых изделий
ПК(У)-9	способен к метрологическому обеспечению технологических процессов, к использованию типовых методов контроля качества выпускаемой продукции
ПК(У)-16	способен к систематическому изучению научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по соответствующему профилю подготовки
ПК(У)-17	умеет обеспечивать моделирование технических объектов и технологических процессов с использованием стандартных пакетов и средств автоматизированного проектирования, проводить эксперименты по заданным методикам с обработкой и анализом результатов
ПК(У)-18	способен принимать участие в работах по составлению научных отчетов по выполненному заданию и во внедрении результатов исследований и разработок в области машиностроения
ПК(У)-19	способен участвовать в работе над инновационными проектами, используя базовые методы исследовательской деятельности
<b>Профессиональные компетенции университета</b>	
ДПК(У)-1	Способен контролировать соответствие основных и свариваемых материалов, сварочного и вспомогательного оборудования, оснастки и

	инструмента, технологической документации, соблюдения технологической дисциплины и правильной эксплуатации технологического оборудования
ДПК(У)-2	Способен составлять планы размещения оборудования, технического оснащения и организации рабочих мест, производить расчет производственной мощности и загрузки оборудования
ДПК(У)-3	Способен изучать и анализировать причины возникновения брака и выпуска продукции низкого качества, участие в разработке мероприятий по их предупреждению и устранению

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  
 \_\_\_\_\_ 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
3-1В71	Сабиров Иномжон Икромович

Тема работы:

<b>Разработка технологии сборки и сварки магистрального газопровода труб диаметром 720 мм</b>	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	10 января 2022, №10-6/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	03.06.2022 г.
--	---------------

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<p><b>Исходные данные к работе</b></p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Чертеж сварной конструкции; материал сварной конструкции; существующий способ сварки; сварочные материалы; перечень нормативной документации.</p>
---	--

<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b></p> <p><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></p>	<p>Введение</p> <p>1 Обоснование выбора способа сварки</p> <p>2 Оценка технологической свариваемости материала</p> <p>3 Обоснование выбора сварочных материалов</p> <p>4 Расчет параметров режима сварки</p> <p>5 Обоснование выбора сварочного оборудования</p> <p>6 Финансовый менеджмент, ресурсо-эффективность и ресурсосбережение</p> <p>7 Социальная ответственность</p> <p>Заключение</p>
<p><b>Перечень графического материала</b></p>	
<p><b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b></p>	
<p><b>Раздел</b></p>	<p><b>Консультант</b></p>
<p>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p>	<p>Якимова Татьяна Борисовна</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>Мезенцева Ирина Леонидовна</p>
<p><b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b></p>	

<p><b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b></p>	<p>01 апреля 2022 г.</p>
--	--------------------------

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
<p>Доцент ОЭИ ИШНКБ</p>	<p>Ильященко Дмитрий Павлович</p>	<p>к.т.н., доцент</p>		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
<p>3-1В71</p>	<p>Сабилов Иномжон Икромович</p>		

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 2021 /2022 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:	03.06.2022 г.
--	---------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
22.04.2022 г.	Введение	5
29.04.2022 г.	Обоснование выбора способа сварки	15
07.05.2022 г.	Оценка технологической свариваемости материала	15
10.05.2022 г.	Обоснование выбора сварочных материалов	15
20.05.2022 г.	Расчет параметров режима сварки	25
24.05.2022 г.	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	10
29.05.2022 г.	Социальная ответственность	10
30.05.2022 г.	Заключение	5

**СОСТАВИЛ:**

**Руководитель ВКР**

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

**СОГЛАСОВАНО:**

**Руководитель ООП**

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

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
3-1В71	Сабилов Иномжон Икромович

<b>Институт</b>	<b>ИШНКБ</b>	<b>Отделение</b>	<b>ОТСП</b>
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	15.03.01 Машиностроение

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

1. <i>Стоимость ресурсов: материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Стоимость выполняемых работ, материальных ресурсов, согласно применяемой техники и технологии, в соответствии с рыночными ценами. Оклады в соответствии с окладами сотрудников предприятия</i>
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	<i>- районный коэффициент – 1,3; - норма амортизации – 10-15%</i>
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов.</i>	<i>Общая система налогообложения. Отчисления во внебюджетные фонды (30,2%);</i>

**Перечень вопросов, подлежащих разработке:**

1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения ТП с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	<i>Потенциальные потребители результатов исследования; Анализ конкурентных технических решений</i>
2. <i>Планирование технического проекта</i>	<i>Формирование плана и графика разработки - определение структуры работ; - определение трудоемкости выполнения работ по проекту; - разработка графика.</i>
3. <i>Нормирование времени сварки и экономическая оценка сравниваемых способов сварки</i>	<i>Формирование операционных норм времени на сварку: - основное время на сварку; - вспомогательное время; - подготовительно-заключительное время; - штучное время; - штучно-калькуляционное время. Формирование текущих затрат на сварочные работы: - материальные затраты; - заработная плата; - отчисления во внебюджетные фонды; - амортизация оборудования.</i>

**Перечень графического материала** (с точным указанием обязательных чертежей)

1. Оценка конкурентоспособности технических решений
2. Диаграмма Ганта

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

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент ОСГН	Якимова Татьяна Борисовна	К.Э.Н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
3-1В71	Сабилов Иномжон Икромович		



## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-1В71	Сабилов Иномжон Икромович

Школа	ИШНКБ	Отделение школы (НОЦ)	ОТСП
Уровень образования	Бакалавриат	Направление	15.03.01 Машиностроение

Тема ВКР:

Разработка технологии сборки и сварки магистрального газопровода труб диаметром 720 мм

### Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

#### Введение

- Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика) и области его применения.
- Описание рабочей зоны (рабочего места) при эксплуатации

**Объект исследования** – технология сборки и сварки магистрального газопровода.

**Область применения** – газовая отрасль.

**Рабочая зона** – полевые условия

**Климатическая зона**

– трасса магистрального газопровода Тюмень (Россия) - Шымкент (Казахстан) - Пахта - Бухара (Узбекистан) - Сейди (Чарджоу, Туркменистан).  
Местность равнинная. Климат резко-континентальный, жаркий и засушливый

**Количество и наименование оборудования рабочей зоны:**

- специализированный источник питания Invertec STT-II;
  - подающий механизм STT-10;
  - источник питания Idealarc DC-400;
  - подающий механизм LN-23P;
  - внутренний гидравлический центратор ЦВ – 104;
  - трубоукладчик Komatsu - D355C;
  - самоходная энергетическая машина АСТ-4-А.
- Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне**
- сборка;
  - сварка.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

#### **1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при эксплуатации:**

- специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;
- организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.

#### **Законодательные и нормативные документы по теме:**

ВСН 006-89 Строительство магистральных и промысловых трубопроводов. Сварка

ВСН 012 – 88 Строительство магистральных и промысловых трубопроводов. Контроль качества и приемка работ. Часть II

<p><b>2. Производственная безопасность при эксплуатации:</b></p> <p>- Анализ выявленных вредных и опасных производственных факторов</p>	<p><b>Выявить опасные факторы на сварочном участке:</b></p> <p>1 Производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги тканей организма человека;</p> <p>2. Неподвижные режущие, колющие, обдирающие, разрывающие части твердых объектов.</p> <p>3. Производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий;</p> <p><b>Выявить вредные факторы на сварочном участке:</b></p> <p>1. Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения;</p> <p>2. Повышенный уровень шума;</p> <p>3. Повышенный уровень общей вибрации;</p> <p>4. Производственные факторы, связанные с аномальными микроклиматическими параметрами воздушной среды на местонахождении работающего;</p> <p>5. Монотонность труда, вызывающая монотонию;</p> <p>6. Длительное сосредоточенное наблюдение.</p> <p><b>Требуемые средства коллективной и индивидуальной защиты от выявленных факторов:</b></p> <p>сварочные краги, спецодежда, респираторы, сварочные маски.</p> <p><b>Расчет:</b> расчет защитного заземления</p>
<p><b>3. Экологическая безопасность при эксплуатации</b></p>	<p><b>Воздействие на литосферу:</b></p> <p>- рекультивация земель.</p> <p>- необходимость утилизации отходов лома металлов и промышленного мусора.</p> <p><b>Воздействие на гидросферу:</b></p> <p>- нарушении берега водоема при строительстве береговых траншей.</p> <p><b>Воздействие на атмосферу:</b></p> <p>- выбросы вредных сварочных аэрозолей.</p>
<p><b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при эксплуатации</b></p>	<p><b>Возможные ЧС:</b> пожар, диверсии.</p> <p><b>Наиболее типичная ЧС:</b> пожар.</p>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	02.03.2022
--	------------

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ООД ШБИП	Мезенцева Ирина Леонидовна	К.Т.Н		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-1В71	Сабилов Иномжон Икромович		

## **Реферат**

Выпускная квалификационная работа 94 с., 4 рисунка, 28 таблиц, 26 источников, 2 приложения.

Ключевые слова: газопровод, комбинированная сварка, оборудование, сварочный комплекс, технология.

Актуальность работы: в данной выпускной квалификационной работе производится разработка технологии сборки и сварки магистрального газопровода труб диаметром 720 мм.

Объектом исследования является процесс изготовления неповоротных кольцевых стыковых соединений труб диаметром 720мм, с толщиной стенки 10 мм.

Цели и задачи работы: в результате данной работы следует получить производство с наибольшей степенью механизации, повышающее производительность труда за счет использования современных средств механизированной сборки и сварки.

В процессе работы проанализирован действующий процесс проведения сварочных работ, подобрано сварочное оборудование, разработана операционно-технологическая карта. Изучение основных нормативных документов, регулирующих сборку, сварку нефтепроводов и приемку работ. Изучение материалов, из которых изготавливается нефтепровод, изучение способов сварки и сварочных материалов, расчет режимов сварки, изучение используемого оборудования для сварки нефтепроводов.

В результате исследования был изучен технологический процесс сборки и сварки газопровода.

Выпускная квалификационная работа бакалавра выполнена в текстовом редакторе Microsoft Word 2021 и графическом редакторе «КОМПАС-3D V20 Учебная».

## **Обозначения, сокращения, нормативные ссылки**

МП – Механизированная сварка проволокой сплошного сечения в углекислом газе;

STT – Surface Tension Transfer (перенос за счет сил поверхностного натяжения);

МПС – Механизированная сварка самозащитной порошковой проволокой;

УШС – Универсальный шаблон сварщика;

ВИК – Визуальный и измерительный контроль;

СНиП 2.05.06-85 – Магистральные трубопроводы;

ТУ 14-156-77-2008 – Трубы стальные электросварные прямошовные для магистральных газопроводов на рабочее давление до 9,8 МПа, наружным диаметром 530 -1420 мм;

ТУ 14-3-1128-82 – Трубы стальные бесшовные горячедеформированные для газопроводов газлифтных систем и обустройства газовых месторождений. Технические условия;

ГОСТ 8050-76 – Двуокись углерода газообразная и жидкая;

ГОСТ 16037-80 – Соединения сварные стальных трубопроводов. Основные типы, конструктивные элементы и размеры (с Изменением N 1);

ПБ 03–273–99 – Правила аттестации сварщиков и специалистов сварочного производства (утверждены постановлением Госгортехнадзора России от 30.10.02 г. № 63);

ПБ 03-440-02 – Правила аттестации персонала в области неразрушающего контроля (утверждены постановлением Госгортехнадзора России от 23.01.02 г. № 3);

ГОСТ 14771-76 – Дуговая сварка в защитном газе. Соединения сварные.

## Оглавление

Введение.....	15
1 Литературный обзор сборки магистрального газопровода .....	17
1.1 Особенности сварки неповоротных стыков труб .....	17
1.2 Проблемы при сварке в различных пространственных положениях .....	19
1.3 Формирование соединений при сварке толстостенных труб из углеродистых сталей.....	22
1.4 Современные методики расчета параметров режима многопроходной сварки .....	23
1.5 Сварка самозащитной порошковой проволокой .....	24
1.6 Вывод по главе .....	25
2 Объект и методы исследования .....	26
2.1 Описание сварной конструкции .....	26
2.2 Заготовительные операции .....	26
2.3 Требование к сборке трубопровода.....	28
2.4 Предварительный и сопутствующий подогрев при сварке толстостенных труб .....	29
2.5 Требования, выдвигаемые к сварке нормативной документацией.....	31
3 Технология изготовления газопровода .....	41
3.1 Требования, хранение и подготовка сварочных материалов .....	41
3.2 Сборка деталей перед сваркой.....	43
3.3 Сварочные материалы .....	47
3.4 Свариваемость металла сварной конструкции .....	49
3.5 Оборудование для сварки.....	51
3.5 Разработка технологической документации .....	52

4	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение...	55
4.1	Потенциальные потребители результатов разработки технологии.....	55
4.2	Определение норм времени на сварку.....	56
4.3	Экономическая оценка сравниваемых способов сварки.....	61
4.3.1	Затраты на сварочные материалы.....	62
4.3.2	Затраты на защитный газ.....	63
4.4.3	Затраты на заработанную плату рабочих.....	63
4.4.4	Затраты на отчисления во внебюджетные фонды.....	64
4.4.5	Затраты на электроэнергию.....	65
4.4.6	Затраты на ремонт оборудования.....	66
4.4.7	Текущие затраты и расчет себестоимости сварного шва.....	67
5	Социальная ответственность.....	69
5.1	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	70
5.2	Производственная безопасность.....	70
5.3	Экологическая безопасность.....	76
	Выводы по разделу Социальная ответственность.....	80
	Заключение.....	82
	Список использованных источников.....	83
	Приложение А Сварной стык.....	86
	Приложение Б Операционно-технологическая карта.....	88

## **Введение**

На сегодняшний день нефть и газ являются важнейшим товаром России на мировом рынке. Доходы от их продажи составляют весьма значительную часть (до 30% – по заявлениям премьер-министра России, хотя на самом деле эта цифра очевидно больше) бюджета государства. Кроме того, они являются важнейшим сырьем для многих отраслей экономики самой России, в том числе, топливно-энергетического комплекса. Поэтому главнейшими для нефтегазовой отрасли и всей страны в целом являются вопросы эффективной добычи и транспортировки полезных ископаемых к потребителю (или покупателю).

Географически районы добычи и потребления нефти и газа разделены значительными расстояниями, поскольку основные запасы полезных ископаемых сосредоточены на Севере и на Востоке, а главными их потребителями являются центральные и западные регионы. В связи с этим, одной из наиболее существенных является проблема транспортировки нефти и газа. Безусловным лидером среди различных способов доставки является трубопроводный транспорт – магистральные трубопроводы. В этих условиях целесообразно рассмотрение проблемы качества сооружения магистральных трубопроводов как фактора, во многом определяющего последующую надежность их функционирования, от которой в значительной степени зависит благосостояние страны в целом.

Проблема качества сооружения магистральных трубопроводов автоматически распадается на более мелкие, поскольку качество сооружения всего трубопровода в целом зависит от качества отдельных видов работ, выполняемых при строительстве: подготовительных, земляных, сварочно-монтажных, изоляционно-укладочных, испытаний. Важнейшим процессом, весьма сильно влияющим на эксплуатационные характеристики будущего сооружения, являются сварочно-монтажные работы. Сварка на сегодняшний день 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 по сравнению с другими методами сварки неповоротных стыков является сварка в среде защитных газов.

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

Перед сварочным производством стоят задачи, направленные на повышение эффективности производства в результате научно-технического прогресса и перевода экономики на интенсивный путь развития. Это, прежде всего переход к массовому применению высокоэффективных систем, машин, аппаратов, оборудования и технологических процессов, которые могут обеспечить высокую механизацию и автоматизацию производства, рост производительности труда и связанное с этим высвобождение рабочих.



# 1 Литературный обзор сборки магистрального газопровода

## 1.1 Особенности сварки неповоротных стыков труб

При сварке неповоротных стыков труб главной проблемой оказывается постоянно изменяющиеся с углом поворота расположение сварочной ванны при движении снизу вверх. Причем текучесть сварочной ванны играет важную роль при формировании сварного шва. Форма и величина проплава с внутренней стороны трубы говорит о качестве произведенного шва. Также необходимо учитывать критическую массу сварочной ванны, чтобы расплавленный металл не вытекал из ванны. Для предотвращения этого нужно учитывать толщину металла и положение самой сварочной ванны в пространстве. График зависимости критической массы ванны от ее положения в пространстве представлен на рисунке 1.1 [1].

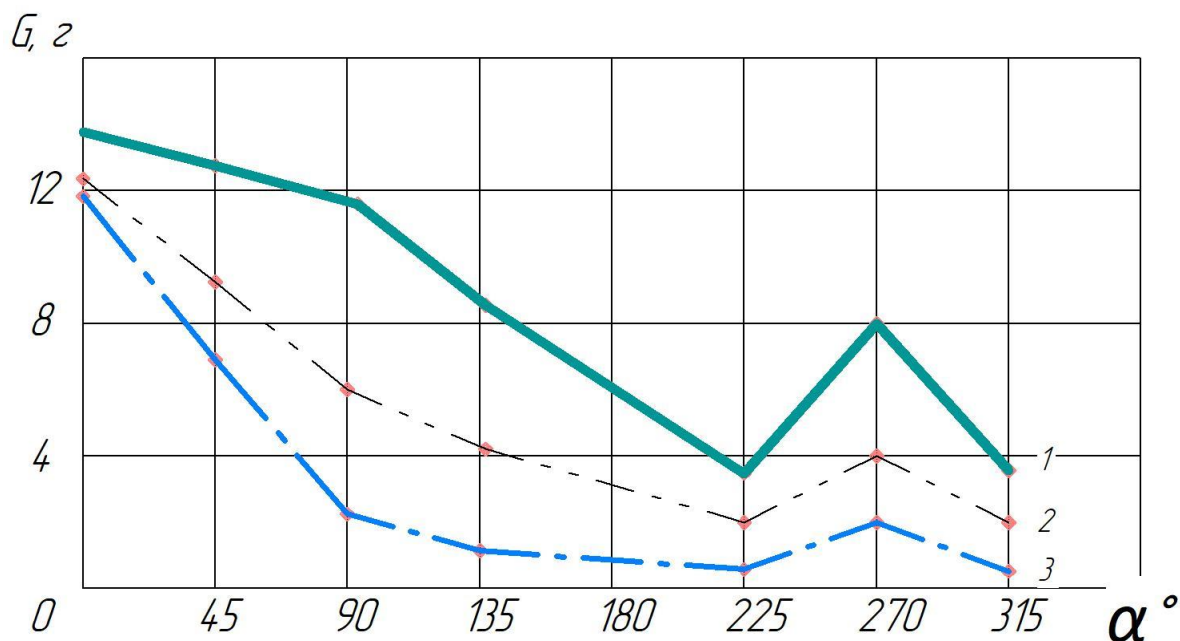


Рисунок 1.1 – Зависимость критической массы  $G$  ванны от положения в пространстве и толщины металла: 1 – 10 мм, 2 – 8 мм и 3 – 6 мм [1]

Из представленного графика видно, что влияние угла наклона сварочной ванны увеличивается с толщиной металла, а также с объемом ванны. Из этого получается, что поднятие кривых при  $\alpha = 270^\circ$  получается за счет более удобного вертикального положения ванны, чем, например,

наклонного (полупотолочного) при угле  $\alpha = 225^\circ$ . Критическая масса оказывается больше при  $\alpha = 90^\circ$  хотя с геометрической точки зрения расположение ванны в углах  $90^\circ$  и  $270^\circ$  одинаково, как это показано на рисунке 1.2. Так происходит из-за то, что при сварке сверху вниз ( $\alpha=90^\circ$ ) точка А, которая определяет величину проплава, находится в верхней части ванны. Поэтому скоростной напор дугового потока не способствует ускорению вытекания, так как давление (гидростатическое) металла в самой ванне достаточно мало.

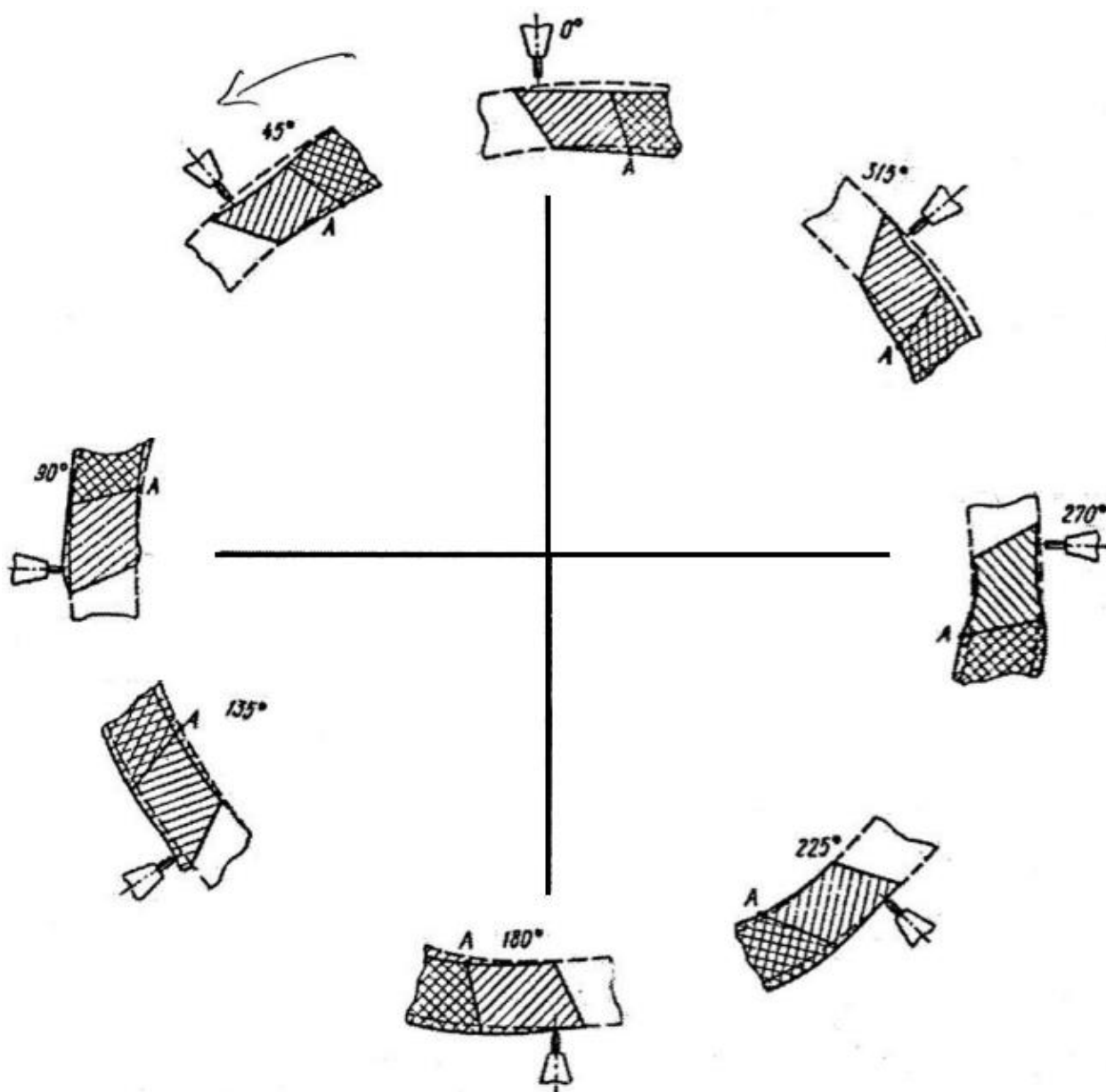


Рисунок 1.2 – Продольный разрез ванны при разных ее пространственных положениях [1]

Когда сварка ведется снизу вверх ( $\alpha=270^\circ$ ) точка А располагается снизу при этом происходит натекание металла, так как в данной точке гидростатическое давление больше. Положение горелки вверху ванны и наклон стенок также способствуют натеканию. За счет углубления ванны в металл, критическая масса ванны в разных ее пространственных положениях получается больше при увеличении толщины металла. Поэтому необходимо разработать такой режим сварки, чтобы масса ванны всегда оставалась меньше критической. Зная о влиянии положения сварочной ванны в пространстве на критическую массу, нужно изменять режим сварки неповоротного стыка при изменении угла наклона ванны. Также стоит учесть, что величина проплава будет изменяться при постоянном режиме сварки.

## **1.2 Проблемы при сварке в различных пространственных положениях**

Согласно целевой комплексной научно-технической программе развития сварочного производства актуальной проблемой в трубопроводном строительстве является создание отечественных высокопроизводительных технологий автоматической дуговой сварки труб большого диаметра. В настоящее время хорошим резервом успешного решения этих задач является переход на управляемые импульсные технологии сварки и разработка цифровых адаптивных автоматизированных комплексов для дуговой сварки.

При сварке металлоконструкций, трудно поддающихся методам рациональной механизации, автоматизации и роботизации, ручная дуговая сварка электродами с покрытием является, одним из ведущих технологически: процессов. По данным [2] национального агентства контроля и сварки (НАКС) при изготовлении, монтаже и реконструкции технических устройств опасных производственных объектов объём работ, выполняемых с применением указанного способа, составляет около 65 %.

Для обеспечения качества сварных соединений, в положениях отличных от нижнего, сварщику приходится в процессе сварки решать две трудно совместимые проблемы [2].

Первая проблема – обеспечить качественное формирование сварного шва во всех пространственных положениях сварки.

Вторая проблема – непостоянство получаемого качества сварного шва в зависимости от режимов сварки, внешних и внутренних дефектов и человеческого фактора. При этом химический состав, механические и специальные свойства сварных соединений должны быть в пределах, установленных нормативной документацией.

Решение вышеуказанных проблем связывается с возможностями повышения эффективности ручной дуговой сварки методами модулирования тока.

По сравнению со сваркой стационарной дугой, сварка модулированным током имеет ряд основных преимуществ, это улучшение формирования шва во всех пространственных положениях, повышение механических свойств, сварных соединений, улучшение дегазации сварочной ванны, снижение сварочных деформаций и др.

Несмотря на перечисленные достоинства, сварка модулированным током электродами с покрытием в условиях монтажа, ремонта и реконструкции практически не применяется. Это связано с тем, что существующие способы сварки модулированным током работают по жёстким программам, не учитывающим теплофизическую обстановку в зоне сварки и физиологические возможности сварщика. Иначе такие методы можно обобщить концепцией «машина-технология», где сварщику отводится роль механизма, перемещающего электрод. Он не может не замедлить, не ускорить процесс сварки.

Недостатки существующих способов можно устранить, предоставив сварщику возможность управления тепловой мощностью дуги в зависимости

от обстановки в зоне сварки. Иначе такую концепцию можно назвать «машина-человек-технология».

В предлагаемых инновационных импульсных технологиях первоочередной задачей при сварке трубопроводов в монтажных условиях является разработка технологии сварки корня шва на весу. От качества выполнения корневого прохода в значительной степени зависят все эксплуатационные характеристики будущего трубопровода. Требовалась высокопроизводительная технология сварки, обеспечивающая, во-первых, стабильный управляемый процесс переноса электродного металла с малым разбрызгиванием, и, во-вторых, процесс бездефектного формирования шва в различных пространственных положениях при орбитальном обходе сварочной горелкой поворотного стыка трубы. Решение первой задачи обеспечено разработкой рядом отечественных и зарубежных фирм быстродействующих инверторных источников питания с цифровым управлением в цикле сварки формами кривых тока и напряжения дуги по адаптивным алгоритмам. Решение второй задачи – качественного формирования шва при корневом проходе – связано с разработкой и внедрением новых адаптивных к изменению параметров режима и аномалиям геометрии сборки стыка, изменениям его пространственного положения импульсных технологий, обеспечивающих устойчивый стабильный процесс сварки короткой дугой с увеличенным вылетом на электроде в стандартную и узкую разделку кромок [3].

Неточности в технологии сборки и сварки стыков трубопроводов не позволяют до настоящего времени внедрить данные технологии без участия в процессе квалифицированного оператора-сварщика. Сварщик по-прежнему является прямым участником реализации технологического процесса. Он корректирует положение сварочной горелки и режимы сварки в различных пространственных положениях, при изменении зазора в стыке, перекосе и депланации кромок, изменении геометрии и координатном смещении стыка. Новые импульсные технологии позволяют повысить на 20-30 %

производительность процесса сварки, но достигнуть высокого качества процесса сварки в автоматическом режиме без участия в процессе оператора сварщика пока не удастся. Применение при сварке кольцевых стыков труб импульсных технологий и адаптивного сварочного оборудования на базе современных инверторных источнике» с режимами Synergic – основной путь технического решения по переходу от механизированной сварки к высокопроизводительным автоматическим способам сварки при монтаже\* строительстве трубопроводов [4].

### **1.3 Формирование соединений при сварке толстостенных труб из углеродистых сталей**

Для предприятий в разных странах, бизнес которых связан со сваркой труб, актуальным является обеспечение стабильности качества сварных соединений неповоротных стыков стальных труб, выполняемых высокопроизводительными технологиями. Важным является также снижение влияния роли сварщика на технологический процесс.

Отмеченное особенно актуально при выполнении соединений труб с повышенной (более 4-5 мм) толщиной стенки, а также при необходимости выполнения соединений в монтажных условиях.

В настоящее время производят работу по исследованию и расширению возможностей сварки, в частности, под воздействием внешнего управляющего магнитного поля. Актуальными являются следующие параметры [5]:

- поведение сварочной дуги в узком зазоре, примерно 2-5 мм, между торцами толстостенных труб под действием внешнего УМП,
- скорость движения дуги в процессе нагрева торцов толстостенных труб,
- особенности нагрева торцов толстостенных труб,
- поведение жидкого расплава в процессе нагрева труб,
- влияние жидкого расплава на формирование сварного соединения.

## 1.4 Современные методики расчета параметров режима многопроходной сварки

При проектировании технологии сварки важным моментом является определение параметров режима сварки, обеспечивающих получение сварных соединений с заданными параметрами. Широкое применение в современном сварочном производстве автоматических и роботизированных установок для сварки требует создания алгоритмов управления параметрами режима сварки, а именно назначения и адаптивной корректировки параметров в зависимости от условий. Адаптивная корректировка режимов сварки должна основываться на точном определении влияния каждого из параметров процесса и их сочетаний на качественные показатели сварного шва. В основу большинства математических моделей, создаваемых для управления сварочными процессами, заложены статистические зависимости между энергетическими параметрами режима сварки (сварочный ток, напряжение на дуге, скорость сварки и т. д.) и параметрами, характеризующими качество сварного соединения (геометрические характеристики, механические свойства и т. д.) [6].

В настоящее время актуальна методика расчета параметров, основанная на результатах исследования влияния технологических факторов (угла разделки  $\alpha$ , положения электрода в разделке  $x$ , скорости сварки  $v_{св}$ ) на параметры, определяющие формирование сварного шва и эффективность использования тепловой энергии дуги на образование сварного соединения.

Анализ литературных данных показывает, что кроме основных параметров режима сварки (сварочный ток, напряжение, скорость сварки) и геометрии разделки, учитываемых в указанной выше методике, на исследуемые параметры (площадь сечения валика и на тепловой КПД процесса сварки) также оказывают влияние вылет электрода и состав защитного газа.

Известно, что состав защитного газа оказывает значительное влияние на технологические характеристики и форму проплавления. При постоянном

напряжении с ростом доли CO<sub>2</sub> в смеси до 50 % дуга укорачивается, шов становится уже, глубина проплавления и высота усиления увеличиваются, возрастает площадь проплавления.

### **1.5 Сварка самозащитной порошковой проволокой**

Сварка при помощи самозащитной порошковой проволоки является механизированным способом. В данном случае легирование и защита шва металлов осуществляется с использованием шихты, находящейся в проволоке, имеющей стальную оболочку и неметаллический сердечник [7].

Внутри сердечника проволоки размещены компоненты, образующие требуемую газовую и шлаковую защиту металлу в момент нагрева. Так как порошковые проволоки могут иметь различный состав и свойства, область их использования может быть также различной.

В качестве оболочки порошковой проволоки выступает углеродистая сталь. Ее сердечник представлен в виде смеси металлов и сплавов. Кроме этого, в составе сердечника присутствуют газообразующие, шлакообразующие материалы, определённые добавки и стабилизаторы дуги.

Используя порошковые проволоки, нет нужды в применении больших баллонов с газом, а также шлангов и редукторов. Но минусы у такого метода сварки тоже имеются. При первичном применении порошковой проволоки сварщик может столкнуться с такими проблемами, как сильное разбрызгивание металла и сложности в формировании шва.

Данная проблема разрешится со временем, когда появится больше опыта и, если для этого правильно настроить сварочный инвертор. Важно при этом, чтобы проволока подавалась с такой же скоростью, как и плавилась.

Регулировка индуктивности, очень полезная функция. Чтобы металлические частицы меньше разлетались, следует плавно осуществлять сжимающее усилие, которое появляется в момент короткого замыкания. С этой целью в источник сварочного тока вводится регулируемая



индуктивность. Также, в зависимости от конструкции блока питания, подбирается сжимающее усилие.

Величина индуктивности оказывает влияние на скорость нарастания сжимающего усилия. Если используется малая индуктивность, капли металла сжимаются быстрее, а соответственно от электрода летят брызги. Большая индуктивность обеспечивает увеличение времени отделения капли, поэтому она плавными движениями попадает в сварочную ванну. Так удастся получить гладкий и ровный сварной шов [7].

### **1.6 Вывод по главе**

На надежность получаемых сварных соединений влияют напряжения, возникающие в процессе сварки. Правильная и своевременная диагностика возникновения этих напряжений позволяет применить соответствующие меры по снятию напряжений. Применение автоматических установок при сварке трубопроводов позволяет упростить процесс проведения работ. Для качественного выполнения шва в защитных газах необходимо производить правильный расчет режимов сварки. Так как в данной работе выполняется сварка труб небольшого диаметра, то применять автоматическую сварку не целесообразно, поэтому выбираем сварку в защитном газе проволокой сплошного сечения и порошковой самозащитной проволокой.

## **2 Объект и методы исследования**

### **2.1 Описание сварной конструкции**

Объектом разработки является участок сборки и сварки магистрального газопровода труб диаметром 720 мм. Данное изделие представляет собой часть магистрального газопровода, а именно - стыковое соединение труб диаметром 720 мм и толщиной стенки 10 мм, изготовленных из стали 09Г2С (класс прочности К52), поставляемых в соответствии с ТУ 14-156-77-2008. Сварной стык труб представлен в приложении А.

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.

Магистральным газопроводом называется трубопровод, предназначенный для транспорта газа из района добычи или производства в район его потребления, или трубопровод, соединяющий отдельные газовые месторождения.

Ответвлением от магистрального газопровода называется трубопровод, присоединенный непосредственно к магистральному газопроводу и предназначенный для отвода части транспортируемого газа к отдельным населенным пунктам и промышленным предприятиям.

Габаритные размеры изделия: 24000x720x720 мм. Масса, кг: 4304 кг.

### **2.2 Заготовительные операции**

При сварке газопроводов, согласно нормативной документации, применяются трубы большого диаметра (наружным диаметром от 530 до 1420 мм) изготовленные с применением электроконтактной сварки токами высокой частоты (прямошовные), электродуговой сварки (спиральношовные, прямошовные с одним или двумя продольными швами). Геометрические

параметры заводской разделки кромок торцов труб для сборки под сварку с номинальной толщиной стенки до 15,0 мм включительно приведены на рисунке 2.1 [8].

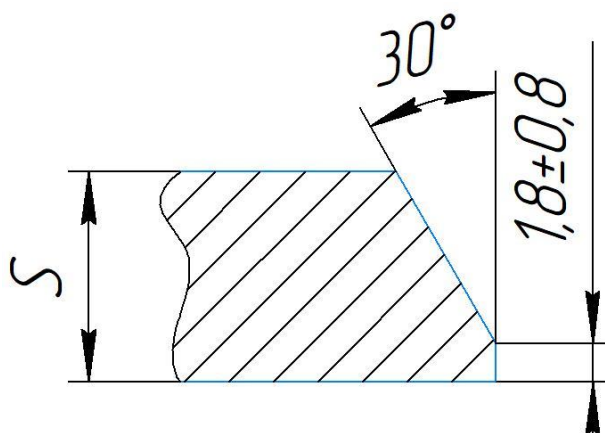


Рисунок 2.1 – Геометрические параметры заводской разделки кромок торцов труб для сборки под сварку трубы с толщиной стенки (S) до 15,0 мм включительно [8]

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.

Внутренняя полость труб 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 [8].

### 2.3 Требование к сборке трубопровода

Сборку соединений труб с диаметром 400 мм и более, одной номинальной толщины стенки следует выполнять с применением внутренних гидравлических или пневматических центраторов [8].

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

Внутренние центраторы не должны нарушать целостность внутреннего покрытия труб с внутренним гладкостным покрытием. Допускаются смещения кромок при сборке стыковых соединений

- 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;

- бесшовных труб, при этом:

- внутреннее смещение стыкуемых кромок с номинальной толщиной стенки от 8,0 до 10,0 мм не должно превышать 2,0 мм;

- для труб с номинальной толщиной стенки 10,0 мм и более допускаются локальные внутренние смещения кромок до 3,0 мм на длине не более 100 мм.

- наружное смещение не нормируется, однако при выполнении облицовочного слоя шва должен быть обеспечен плавный переход поверхности шва к основному металлу.

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

При сборке заводские швы свариваемых труб рекомендуется располагать в верхней половине периметра, при этом их следует смещать

друг относительно друга на расстояние не менее 100 мм для сварных соединений диаметром 500 мм и более.

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

Сборку неповоротных кольцевых стыковых соединений труб на внутреннем центраторе рекомендуется выполнять без прихваток.

Величина зазора при сборке стыковых соединений труб назначается в зависимости от применяемых способов сварки первого (корневого) слоя шва, диаметров сварочных материалов и при механизированной сварке проволокой сплошного сечения в углекислом газе неповоротных кольцевых стыковых соединений труб с диаметром электрода или проволоки 1,14 мм величина зазора 2,5-3,5 мм.

Освобождать жимки внутреннего центратора следует после завершения сварки всего периметра первого (корневого) слоя шва ручной дуговой сваркой электродами с основным видом покрытия, механизированной сваркой проволокой сплошного сечения в углекислом газе, автоматической двухсторонней сваркой под флюсом.

#### **2.4 Предварительный и сопутствующий подогрев при сварке толстостенных труб**

Для предварительного, сопутствующего (межслойного) подогрева кромок свариваемых соединений при толщине стенки до 17,0 мм следует применять газопламенные нагревательные устройства (кольцевые и плоские газовые подогреватели, одноплемненные горелки и др.), а также установки индукционного нагрева, радиационного нагрева способом электросопротивления или нагрева с применением электронагревателей комбинированного действия.

Выбор оборудования для предварительного и сопутствующего (межслойного) подогрева выполняется производителями сварочных работ.

Оборудование должно обеспечивать равномерный предварительный подогрев свариваемых соединений по толщине стенки и периметру в зоне шириной не менее 150 мм (т.е. не менее 75 мм в каждую сторону от свариваемых кромок), и, если необходимо, подогрев в процессе выполнения прихваток и межслойный подогрев в процессе сварки.

При проведении подгрева установками индукционного нагрева, в случаях прекращения энергообеспечения или при выходе из строя установки нагрева, допускается выполнять нагрев газопламенными нагревательными устройствами (кольцевыми газовыми подогревателями, одноплемненными горелками и др.) до возобновления энергообеспечения или замены вышедшего из строя оборудования, но не более, чем до конца рабочей смены или полного завершения сварного шва.

Подогрев не должен нарушать целостность изоляции. При применении газопламенных нагревательных устройств (горелок) следует применять термоизоляционные материалы (термоизолирующие пояса) и/или боковые ограничители пламени. Максимальная температура нагрева трубы в месте начала заводского изоляционного покрытия труб не должна превышать +100 °С.

Температура предварительного подгрева свариваемых кромок труб перед выполнением прихваток, первого (корневого) слоя шва должна соответствовать требованиям [8].

Процесс подгрева кромок свариваемых соединений установками индукционного нагрева должен контролироваться в автоматическом режиме, при этом контроль температуры подгрева должен выполняться в местах, равномерно расположенных по периметру, с применением термопар и записью температуры подгрева на диаграмме автоматического регистрирующего потенциометра. Одна из этих термопар должна быть регулирующей и устанавливаться в зените газопровода. Места крепления термопар должны находиться на расстоянии не более 25 мм от края предполагаемого сварного шва вне зоны сварочной дуги.

Допускается при снижении температуры предварительного подогрева свариваемых кромок не более, чем на 10 °С ниже регламентированного значения +50 °С выполнять подогрев газопламенными устройствами (ручными, кольцевыми, одно- и многосопловыми горелками).

При механизированной сварке самозащитной порошковой проволокой температура предыдущего слоя сварного шва перед наложением последующего слоя должна быть в интервале от +50 °С до +200 °С. Если температура опустилась ниже +50 °С, следует произвести сопутствующий (межслойный) подогрев до температуры +50+30 °С [8].

## **2.5 Требования, выдвигаемые к сварке нормативной документацией**

Сварка газопроводов должна выполняться одним или несколькими способами по технологиям:

- технологии ручной дуговой сварки покрытыми электродами (РД),
- технологии механизированной сварки проволокой сплошного сечения в углекислом газе (МП),
- технологии механизированной сварки самозащитной порошковой проволокой (МПС),
- технологии автоматической двухсторонней сварки проволокой сплошного сечения в защитных газах (ААДП, АПГ),
- технологии автоматической односторонней сварки проволокой сплошного сечения в защитных газах (АПГ),
- технологии автоматической односторонней сварки порошковой проволокой в защитных газах (АПИ),
- технологии двухсторонней автоматической сварки под флюсом (АФ);
- комбинированной технологии сварки (РД+МПС, РД+АПИ, РД+АФ, МП+РД, МП+МПС, МП+МПС+АФ, РАД+РД и др.).

Возбуждение дуги при сварке следует выполнять только с поверхности разделки кромок свариваемых элементов. Не допускается зажигать дугу на поверхности металла труб.

Места начала и окончания сварки каждого слоя сварного шва должны быть удалены от заводских сварных швов труб на расстояние не менее 50 мм для сварных соединений диаметром менее 800 мм.

Механизированную сварку неповоротных кольцевых стыковых соединений труб одной толщины стенки выполняется по комбинированной технологии сварки, при которой сварка корневого слоя шва выполняется проволокой сплошного сечения в среде углекислого газа, сварка заполняющих и облицовочного слоев шва – самозащитной порошковой проволокой.

Механизированная сварка проволокой сплошного сечения в углекислом газе (МП) рекомендуется для сварки корневого слоя шва неповоротных кольцевых стыковых соединений труб одной толщины стенки линейной части магистральных газопроводов диаметром от 325 до 1420 мм с толщинами стенок от 6,0 до 32,0 мм.

Для механизированной сварки корневого слоя шва в углекислом газе должны применяться сварочные агрегаты, сварочные установки, укомплектованные источниками сварочного тока, механизмами подачи сварочной проволоки, сварочными горелками, газовыми рампами с баллонами углекислого газа и вспомогательным оборудованием, отвечающие специальным требованиям и условиям эксплуатации, приведенным в таблице 2.1 [8].



Таблица 2.1 – Требования к техническим характеристикам сварочных агрегатов для механизированной сварки проволокой сплошного сечения в углекислом газе и самозащитной порошковой проволокой [8]

Наименование показателя	Требование
Номинальный сварочный ток при ПВ = 100 %, длительности цикла 10 мин, при температуре окружающей среды 40 °С при сварке проволокой:	
- сплошного сечения не менее	250 А
- самозащитной порошковой не менее	315 А
Наклон жесткой вольтамперной характеристики не более	0,045 В/А
Диапазон регулирования напряжения на дуге	от 14 до 30 В включительно
Дистанционное регулирование напряжения на дуге при длине сварочных кабелей не менее 40 м не хуже	±0,5 В
Допустимые отклонения величины сварочного тока (напряжения) из-за взаимного влияния постов от установленных значений	±5%

Для сварки корневого слоя шва соединений труб, труб с СДТ, ЗРА из сталей с классом прочности до К60 включительно рекомендуется проволоки сплошного сечения для механизированной сварки в углекислом газе неповоротных кольцевых стыковых соединений труб марки Super Arc L56 по классификации E R 70 S6 по AWS A5.18, диаметром 1,14 мм. Производитель The Lincoln Electric Company (США).

Кромки труб для механизированной сварки корневого слоя шва проволокой сплошного сечения в углекислом газе должны иметь нормативную заводскую разделку.

Для труб с толщиной стенки до 13,0 мм следует применять стандартные сопла горелки диаметром 12,7 или зауженные диаметром 9,6 мм.

Для предотвращения замерзания, газовые редукторы баллонов с углекислым газом следует оснастить подогревателями. Количество операторов механизированной сварки, одновременно выполняющих сварку

корневого слоя шва должно быть не менее 2-х для сварных соединений диаметром 500 мм и более.

Корневой слой шва при сборке на внутреннем центраторе рекомендуется выполнять без прихваток.

Механизированная сварка корневого слоя шва проволокой сплошного сечения в углекислом газе должна выполняться на постоянном токе обратной полярности. Направление сварки: на спуск.

Возбуждение дуги должно проводиться только на кромках свариваемых элементов. Для предотвращения образования пор, обрыв дуги следует проводить на одной из свариваемых кромок.

Сварку рекомендуется начинать в положении 0 ч и заканчивать в положении 6 ч на расстоянии не менее 100 мм от заводских швов труб.

Начальный и конечный участок корневого слоя шва, выполненного первым оператором, следует обработать механическим способом (абразивным кругом) для обеспечения плавного перехода при сварке корневого слоя шва вторым оператором.

После выполнения корневого слоя шва его необходимо зачистить механическим способом шлифмашинками [8].

#### **2.4.1 Сварка корневого валика**

Механизированная импульсно-дуговая сварка методом корневого слоя шва проволокой сплошного сечения в углекислом газе с применением специальных источников сварочного тока инверторного типа и механизмов подачи сварочной проволоки, выполняется с учетом приведенных специальных требований, которые должны быть отражены в операционно-технологических картах сборки и сварки. Перед началом работ должны быть выставлены следующие значения параметров режимов сварки на примере оборудования производства «The Lincoln Electric Company»:

– пиковый ток от 400 до 430 А,

- базовый ток от 45 до 50 А для толщин стенок труб менее 12 мм, либо от 50 до 55 А для толщин стенок труб от 12 мм и более,
- скорость подачи проволоки от 230 до 305 см/мин в положении сварки от 0<sup>00</sup> до 1<sup>00</sup>ч, либо от 330 до 405 см/мин в положении сварки от 1<sup>00</sup> до 6<sup>00</sup> ч,
- переключатель длительности заднего фронта импульса должен быть установлен в положение «0»,
- переключатель «горячий старт» должен быть установлен в положение «2» или «3»,
- расход газа от 10 до 16 л/мин,
- длительность предварительной подачи газа 0,5 с,
- длительность послесварочной подачи газа от 0,5 до 1,0 с.

Величина зазора определяется требованиями ГОСТ 14771-76. При зазоре 2,5 мм рекомендуется установить значение базового тока от 50 до 55 А, а в положении от 0<sup>00</sup> до 1<sup>00</sup> ч рекомендуется повысить скорость подачи проволоки до от 330 до 355 см/мин.

При повышенных зазорах рекомендуется установить значение базового тока от 35 до 40 А, а скорость подачи проволоки в положении от 0<sup>00</sup> до 1<sup>00</sup> ч понизить до величины от 230 до 250 см/мин и в положении 1<sup>00</sup> до 6<sup>00</sup> ч – до величины от 380 до 405 см/мин.

Оптимальный вылет сварочной проволоки от 10 до 16 мм. Допускается вылет сварочной проволоки до 20 мм.

#### **2.4.2 Сварка заполняющих, корректирующих и облицовочных слоёв**

Для сварки заполняющих и облицовочного слоев шва неповоротных кольцевых стыковых соединений труб диаметром от 325 до 1420 мм с толщинами стенок от 6,0 до 22,0 мм рекомендуется механизированная сварка самозащитной порошковой проволокой (МПС).

Самозащитные порошковые проволоки, прошедшие аттестацию и рекомендованные к применению для механизированной сварки рекомендуемые к применению, регламентируются производителем оборудования «The Lincoln Electric Company» [8].

Для сварки заполняющих и облицовочного слоев шва соединений труб с классом прочности до K54 включительно используют проволоку Innershield NR-207 диаметром 1,14 мм.

Перед выполнением самозащитной порошковой проволокой первого заполняющего слоя необходимо тщательно (до чистого металла) зачистить дисковой проволочной щеткой корневой слой шва. При необходимости, в потолочной части сварного соединения чрезмерное усиление корневого слоя шва снимается шлифкругом.

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

Перед началом работ необходимо на механизме подачи сварочной проволоки установить два параметра сварочного процесса - напряжение и скорость подачи проволоки.

Следует строго соблюдать соотношение между устанавливаемыми параметрами сварочного процесса, т.к. отклонение значения напряжения для конкретной скорости подачи проволоки более чем на 1,0 В может приводить к возникновению дефектов.

Рекомендуемые режимы механизированной сварки самозащитной порошковой проволокой марки «Innershield» диаметром 1,14 мм приведены в таблице 2.2 [8].

Таблица 2.2 – Рекомендуемые режимы механизированной сварки самозащитной порошковой проволокой марки «Innershield» диаметром 1,14 мм [8]

Слой	Скорость подачи проволоки, см/мин	Напряжение, В
Заполняющий	230-250	19±0,5
	270-290	20±0,5
Корректирующий	190-210	17,25±0,25
	210-230	18±0,5
Облицовочный	190-210	17,25±0,25
	210-230	18±0,5

При работе в потолочном положении рекомендуется понизить скорость подачи проволоки. Это делается без остановки процесса сварки переключением в положение 2 переключателя, расположенного на рукоятке горелки. При этом скорость подачи проволок понижается на величину от 15% до 20%. Одновременно необходимо увеличить вылет до величины от 25 до 30 мм.

Сварка выполняется способом на спуск. Заполняющие и облицовочный слои шва соединений труб с толщинами стенок до 14 мм следует выполнять по методу «слой за один проход».

Начинать сварку следует при вылете проволоки от 12 до 15 мм. 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 в соответствии с рисунком 2.2:

– в точке начала сварки ( $0^{00}$  ч) угол должен составлять от  $20^{\circ}$  до  $30^{\circ}$  (углом назад),

- в положении  $0^{00}$ ,  $3^{00}$  ч угол постепенно увеличивается до величины в интервале от  $45^\circ$  до  $60^\circ$  (углом назад),
- в положении  $3^{00}$ ,  $5^{00}$  ч угол постепенно доводится до  $0^\circ$  (перпендикулярно телу трубы в точке касания),
- в положении  $5^{00}$ ,  $6^{00}$  ч угол доводится до величины в интервале от  $10$  до  $15^\circ$  (углом вперед).

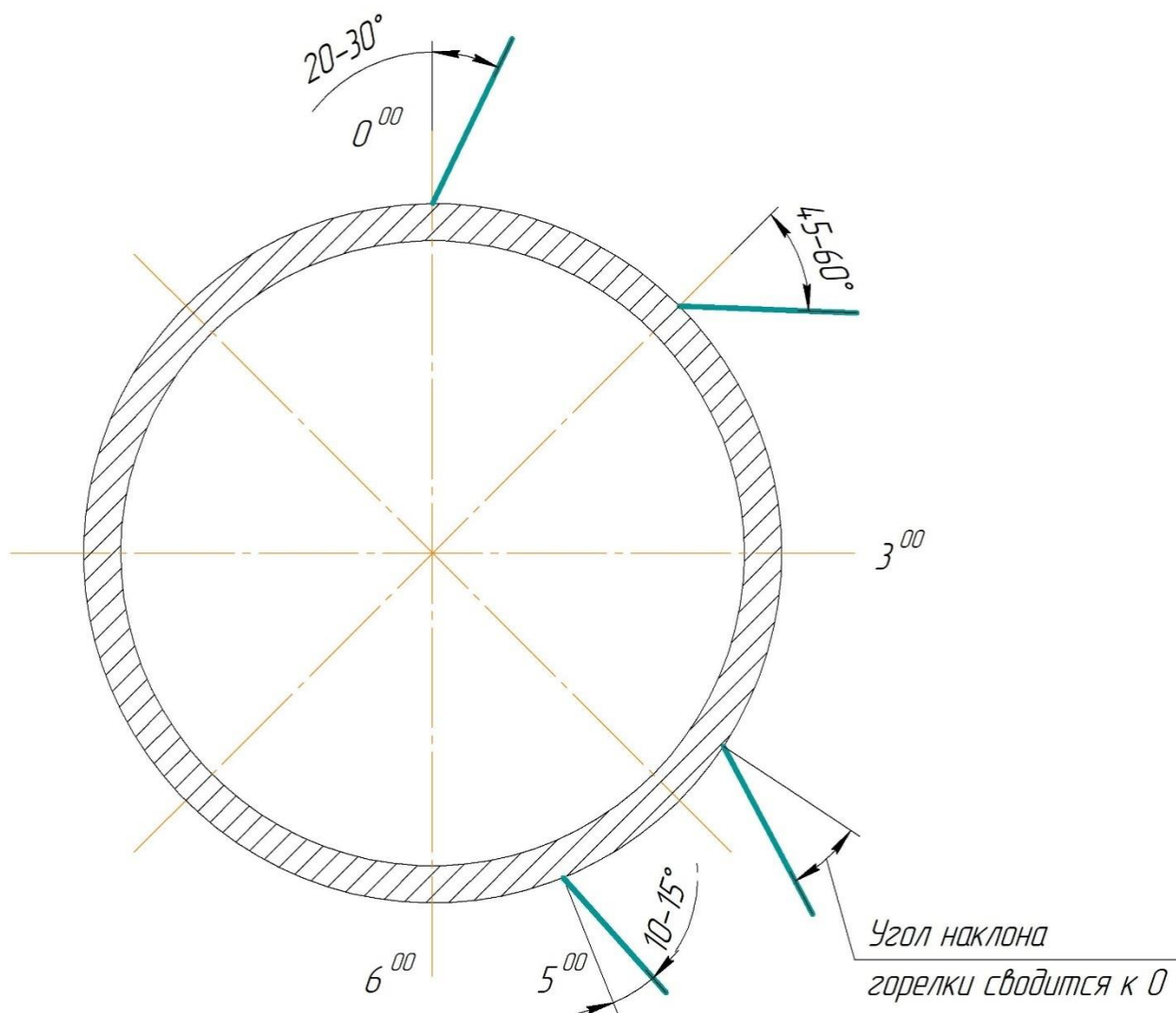


Рисунок 2.2 – Изменение угла наклона сварочной горелки при механизированной сварке самозащитной порошковой проволокой неповоротных кольцевых стыковых соединений труб

При изменении угла наклона сварочной горелки изменяется степень проплавления. При уменьшении угла степень проплавления увеличивается, при увеличении угла - уменьшается.

Скорость сварки следует отрегулировать так, чтобы поддерживать соответствующую форму слоя (валика) и контролировать сварочную ванну. Низкая скорость приводит к повышенному разбрызгиванию сварочной ванны, возникновению пористости и шлаковых включений.

При сварке заполняющих и облицовочного слоев шва необходимо следить за тем, чтобы температура перед наложением каждого последующего слоя была не ниже +50 °С и не более +200 °С. Если температура участка шва, подлежащего сварке, упала ниже +50 °С, необходимо подогреть свариваемые кромки до температуры предварительного подогрева.

Межслойная зачистка после первого заполняющего слоя («горячего прохода») выполняется дисковой проволочной щеткой или шлифкругом, после последующих слоев - дисковой проволочной щеткой.

В связи с неравномерностью заполнения разделки по периметру стыкового соединения и ослаблением сечения шва в вертикальном положении перед выполнением облицовочного слоя в положении 1<sup>30</sup>, 4<sup>30</sup> и 9<sup>30</sup>, 7<sup>30</sup> (ориентировочно) выполняется дополнительный (корректирующий) слой. Ориентировочное количество слоев в зависимости от толщины стенки трубы приведено в таблицах 2.3 [8].

Таблица 2.3 - Ориентировочное количество заполняющих и облицовочных слоев шва при механизированной сварке самозащитной порошковой проволокой диаметром 1,14 мм [8]

Толщина стенки, мм	Наименование слоя		
	Заполняющий	Корректирующий	Облицовочный
6	-	1	1
8	1	1	1
10	1-2	1	1
12	2-3	1	1
14	3-4	1	1

Для обеспечения лучшей формы облицовочного слоя шва рекомендуется некоторое «недозаполнение» разделки перед его выполнением в нижнем и потолочном положениях (на величину от 1,0 до 1,5

мм в нижнем положении и на величину от 1,0 до 2,0 мм в потолочном положении). При этом в вертикальном положении разделка должна быть заполнена практически «заподлицо» с поверхностью стыкуемых труб.

При выполнении облицовочного слоя рекомендуется выполнять обработку шлифовальным кругом участков начала и конца сварки.

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.

В случае рестарта (возобновления процесса сварки) сварка начинается с верхней части предварительно очищенного от шлака кратера, кратер заполняется с малыми колебаниями электрода, и после этого сварка продолжается с нужной скоростью.

В случае вынужденного перерыва в работе сварное соединение следует накрыть влагонепроницаемым теплоизолирующим поясом. При этом перед началом сварки следует проконтролировать температуру сварного шва и при его охлаждении ниже +50 °С возобновлять работу допускается только после подогрева стыкового соединения до температуры +50 °С.

Оставлять не полностью сваренные соединения не допускается. Процесс дуговой сварки рекомендуется начинать и заканчивать на расстоянии не менее 100 мм от заводского шва трубы или детали газопровода.

Место начала и окончания процесса сварки каждого слоя (замок шва) должно располагаться на расстоянии не менее 20 мм от замков предыдущего слоя шва. Не допускается возбуждать дугу на поверхности трубы. Дуга должна возбуждаться только на поверхности разделки кромок или на поверхности металла уже выполненного шва.



### **3 Технология изготовления газопровода**

#### **3.1 Требования, хранение и подготовка сварочных материалов**

Сварочные материалы должны проходить входной контроль в порядке, установленном в организации, выполняющей сварочные работы при строительстве и ремонте газопроводов. При входном контроле следует проверять [8]:

- наличие сертификатов качества (для сварочных материалов импортного производства, дубликатов сертификатов качества на русском языке),
- сохранность упаковки,
- внешний вид,
- сварочно-технологические свойства,
- свидетельство НАКС об аттестации сварочных материалов (область применения сварочных работ на газопроводе).

Сварочные материалы следует хранить в соответствии с рекомендациями заводов-изготовителей, при этом сварочные электроды следует хранить в помещениях при температуре воздуха не ниже +15°C, относительной влажности не более 60 % в количестве не более пяти упаковок (рядов) в высоту.

Сварочные материалы, хранящиеся более одного года, непосредственно перед использованием должны пройти повторный входной контроль в соответствии с вышеизложенными требованиями.

Самозащитные проволоки для механизированной сварки плавящимся электродом должны соответствовать ГОСТ 26271 для отечественных производителей и AWS 5.20 для зарубежных производителей, а также специальным ТУ и сертификатам качества.

Поверхность проволоки должна быть без вмятин надрывов, без следов коррозии, масла и других загрязнений. Допускаются продольные риски и следы волоочильной смазки [9].

Все компоненты, наполняющие порошковую проволоку, должны равномерно, без пропусков, распределяться по всей длине проволоки с тем, чтобы сварочно-технологические свойства проволоки и свойства полученного металла шва и наплавленного металла по мере применения проволоки в процессе сварки отвечали требованиям нормативно-технической документации на конкретные марки проволоки.

Номинальная величина коэффициента заполнения (отношение массы порошка-наполнителя к массе проволоки, выраженное в процентах) и величина его предельных отклонений указываются в нормативно-технической документации на конкретные марки проволоки.

Сварочно-технологические свойства проволоки проверяют наплавкой валика на пластину и сваркой таврового или стыкового соединений.

На поверхности валика или сварного шва не допускаются поры и трещины. Размеры и количество допускаемых внутренних дефектов на любом участке шва длиной 100 мм приведены в таблице 3.1 [9].

Таблица 3.1 – Допускаемое количество дефектов на 100 мм шва для сварки порошковой проволокой, не более [9]

Вид сварного соединения	Размер одного дефекта, мм			Допускаемое количество дефектов			Суммарная приемлемая площадь дефектов, мм <sup>2</sup>
	крупного	среднего	мелкого	крупных	Крупных и средних в сумме	Крупных, средних и мелких в сумме	
Сварное	2,0	1,4	0,5	4	9	13	15,0
Стыковое	1,4	1,0	0,4	3	8	11	8,0

По химическому составу наплавленного металла в части содержания углерода, серы и фосфора, проволока должна обеспечивать определённое содержание указанных примесей; для проволоки категории А массовая доля углерода, серы и фосфора не более 0,15, 0,03 и 0,03 % соответственно. Содержание других химических элементов в наплавленном металле и допустимые отклонения по содержанию каждого химического элемента регламентируются нормативно-технической документацией на конкретные марки проволоки.

Порошковая проволока наматывается на катушки по ГОСТ 25445-82 или свертывается в мотки. Каждый моток должен состоять из одного отрезка проволоки, свернутого неперепутанными рядами и плотно увязанного таким образом, чтобы исключить распушивание или разматывание мотка. Наружный конец проволоки должен легко обнаруживаться.

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 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...130°C для труб с толщиной стенки до 27,0 мм включительно или до

температуры +150...180°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°C до +150°C для труб из стали с классом прочности до К54 включительно, либо до температуры от +150 °C до +200 °C для труб из стали с классом прочности свыше К54. 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 («внутрение») шлифмашинками. После «внутрения» 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 диаметром 500 мм 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 2.1.

Выполнить прихватки в количестве 4-5 штук, длиной 60-100 мм и высотой 2-3 мм равномерно по периметру. Зачистить прихватки от шлака и грязи [8].

Собрав стыковое соединение, следует 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 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.

### 3.3 Сварочные материалы

Для сварки корневого слоя методом STT, выбираем электродную проволоку L - 56 которая полностью отвечает требованиям и 100% защитный газ (CO<sub>2</sub>).

Углекислый газ (CO<sub>2</sub>) - бесцветный, со слабым запахом, с резко выраженными окислительными свойствами, хорошо растворяется в воде. Тяжелее воздуха в 1.5 раза, может скапливаться в плохо проветриваемых помещениях, в колодцах, приямок. Выпускается (ГОСТ 8050-85 [17]) трех сортов: высший - 99.8% CO<sub>2</sub>, 1-й - 99.5% и 2-й - 98.8%. Двуокись углерода 2-го сорта применять не рекомендуется. Для снижения влажности CO<sub>2</sub> рекомендуется установить баллон вентилем вниз и через 1 - 2 ч открыть вентиль на 8 - 10 с для удаления воды. Чтобы удалить попавший внутрь воздух, перед сваркой из нормально установленного баллона выпускают небольшое количество газа. Физико-химические показатели газообразной жидкой двуокиси углерода представлены в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Физико-химические показатели газообразной жидкой двуокиси углерода [16]

Наименование показателя	Норма		
	Высший сорт	1-й сорт	2-й сорт
1. Объемная доля двуокиси углерода (CO <sub>2</sub> ), %, не менее	99,8	99,5	98,8
2. Массовая концентрация минеральных масел и механических примесей, мг/кг, не более	0,1	0,1	Должна выдерживать испытание по п. 4.5.1 ГОСТ 8050-85 [17]
3. Массовая концентрация водяных паров при температуре 20°С и давлении 101,3 кПа (760 мм рт. ст.), г/м <sup>3</sup> , не более	0,037	0,184	Не нормируется

Низкоуглеродистая проволока Super Arc L-56. Основное назначение: сварочная проволока сплошного сечения L-56 низкоуглеродная омедненная сварочная проволока сплошного сечения с высоким уровнем легирования

марганцем и кремнием. Основное применение сварка корневого прохода стыков магистральных трубопроводов методом STT II с нормативным пределом прочности до 588 Н/мм<sup>2</sup> включительно. Сочетание метода STT II и проволоки Super Arc L-56, сертифицировано ВНИИСТ.

Позволяет сваривать загрязненные и покрытые коррозией детали. Обеспечивает: минимальное разбрызгивание, хорошую растекаемость металла, отличный внешний вид шва. Диапазон применяемых защитных газов - от 100% CO<sub>2</sub>, до смесей с высоким содержанием аргона. Химический состав и механические свойства наплавленного металла указаны в таблице 3.3 и 3.4 [17].

Таблица 3.3 - Химический состав проволоки Super Arc L-56 [17]

Пределы содержания компонентов	%C	%Mn	%Si	%S	% P	% Cu
L-56 Спецификация AWS ER70S-6	0,06 - 0,15	1,40 - 1,85	0,80 - 1,15	0,035	0,025	0,50

Таблица 3.4 – Механические свойства наплавленного металла [17]

Условия испытаний	Предел прочности, МПа	Предел текучести, МПа	Относит. удлинение, % на 2"	Ударная вязкость, Дж	
				при -20° F (-29 ° C)	при -40° F (-40 ° C)
Требования ER70S-6 по AWS A5.18					
100% CO <sub>2</sub> , ПС	483 мин	400 мин	22 мин	27 мин	--
Результаты испытаний					
100% CO <sub>2</sub> , ПС	564	468	29	54	37

ПС = в состоянии после сварки.

Для сварки газонепроводов могут применяться только специальные самозащитные порошковые проволоки производства фирмы «Lincoln Electric» (США). Марку самозащитной порошковой проволоки выбирают в зависимости от прочностного класса свариваемых труб:

- для сварки стыков труб из сталей классов прочности от K55 до K60 (с нормативным пределом прочности от 539 до 588 МПа включительно) применяется самозащитная порошковая проволока марки Innershield NR-208S диа-метром 1,7 мм и 2,0 мм.



Марка проволоки NR-208S применяется: для механизированной сварки без использования защитных газов; горячего заполняющего и облицовочного проходов стыков магистральных трубопроводов с нормативными пределом прочности до K60 включительно. Аттестована проволока NR-208S в установленном порядке и допущена для сварки стыков труб газонефтепровода различного диаметра и толщин стенок. Химический состав наплавленного металла и механические свойства проволоки NR-208S приведены в таблице 3.5 [18].

Таблица 3.5 – Химический состав наплавленного металла и механические свойства проволоки NR-208S [18]

Химический состав наплавленного металла, %						Механические свойства, Н/мм <sup>2</sup> .		
С	Mn	Si	Ni	Cr	Al	Предел текучести	Предел прочности	Удар ISO-V (J)
								-29° С
0,08	0,93	0,20	0,89	0,03	1,00	462	572	61

Сварочная самозащитная проволока Innershield NR-208S - (E91T8-GS8) - аналогична NR-207H, но характеризуется пониженным содержанием водорода, большей прочностью и отличной работой на морозе. Наплавленный металл имеет предел текучести свыше 550МПа. Применяется при сварке труб с пределом прочности до стандарта X80 API [19].

### 3.4 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 металл [10-11].

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 [12].

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 [12]:

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

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

Если углеродный эквивалент Сэкв 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 09Г2С:

$$С_{экв}=0,09+(1,75/6) +(0,4/24)+(0,3/10)+(0,12/14) = 0,437 \%$$

Сталь 09Г2С относится к 1 группе свариваемости (Хорошая). Сварка производится без ограничений.

### **3.5 Оборудование для сварки**

Выбираем сварочное оборудование для механизированной сварки проволокой сплошного сечения в углекислом газе и дуговой сварки порошковой самозащитной проволокой. Полуавтомат должен соответствовать выбранной технологии и обеспечивать требуемые режимы сварки. Исходя из этих данных выбираем: аппарат ДС400.33УКП [13]; подающий механизм ПМ4.33 [14]. Оборудование входит в реестр оборудования ОАО «Газпром» [15].

Профессиональные аппараты нового поколения для полуавтоматической сварки с управляемым каплепереносом в среде защитных, активных газов и их смесей – ДС400.33УКП незаменимы для работы, когда требуется минимальное разбрызгивание, гарантированное проплавление и качество шва. Аппараты ДС400.33УКП надежны и выполнены на высочайшем профессиональном уровне с использованием последних достижений в области электроники и сварочных технологий.

Аппарат ДС400.33УКП – мощный 400-амперный инверторный источник питания для полуавтоматической сварки с управляемым каплепереносом в среде CO<sub>2</sub>, традиционной полуавтоматической сварки и наплавки, и использования в составе установок автоматической сварки.

Аппарат предназначен для работы с подающим механизмом ПМ-4.33, но может эксплуатироваться и с подающими устройствами других типов [13].

Можно выделить следующие достоинства аппарата:

- резкое снижение уровня разбрызгивания;
- отсутствие деформаций металла за счет четкого управления тепловложением;
- гарантированное проплавление и обратный валик;
- возможность ведения сварки во всех пространственных положениях;
- качество сварки сравнимое с аргодуговой, при производительности в 3-5 раз выше;
- цифровая индикация тока и напряжения сварки;
- питание, как от стационарной сети, так и от дизель-генератора.

Технические характеристики аппарата ДС400.33УКП представлены в таблице 3.6 [13].

Таблица 3.6 – Технические характеристики аппарата ДС400.33УКП [13]

Характеристика	Значение
Напряжение питания, В	370-390
Потребляемая мощность, кВА	20
Номинальный режим работы, %	100
Максимальный ток	400
Диапазон рабочих температур, °С	-40...+40
Масса, кг	44
Габаритные размеры, мм	280x535x610

### 3.5 Разработка технологической документации

Основное требование к технологии любой совокупности операций, выполняемых на отдельном рабочем месте, заключается в рациональной их последовательности с использованием необходимых приспособлений и оснастки.

При этом должны быть достигнуты соответствующие требования чертежа, точность сборки, возможная наименьшая продолжительность сборки и сварки соединяемых деталей, максимальное облегчение условий труда, обеспечение безопасности работ. Выполнение этих требований достигается применением соответствующих рациональных сборочных приспособлений, подъёмно-транспортных устройств, механизации сборочных процессов [19]. Разработка технологических процессов включает следующие этапы:

- расчленение изделия на сборочные единицы;
- установление рациональной последовательности сборочно-сварочных, слесарных, контрольных и транспортных операций;
- выбор типов оборудования и способов сварки.

В результате должны быть достигнуты: наименьшая трудоёмкость; минимальная продолжительность производственного цикла; минимальное общее требуемое число рабочих; наилучшее использование производственного транспорта вспомогательного оборудования; возможный наименьший расход производственной энергии.

Для удобного расположения всех записей и расчётных данных технологический процесс выполняют на особых бланках, называемых ведомостями технологического процесса, технологическими картами.

Эти бланки после их заполнения составляют документацию разработки технологического процесса, которые должны содержать:

- наименование и условное обозначение изделия;
- название и условное обозначение (номер) сборочной единицы;
- число данных сборочных единиц в изделии; - перечень данных сборочных единиц в изделии;
- указание, откуда должны поступить детали на сборку и сварку и куда должна быть отправлена готовая сборочная единица;
- последовательный перечень всех операций;

- сведения по каждому переходу (приспособления, сварочное оборудование, рабочий и мерительный инструмент);
- данные о принятых способах и режимах сварки;
- сведения о числе рабочих, их специальности и квалификации;
- нормы трудоёмкости, расходы основных и вспомогательных материалов [16].

Технологическая карта изготовления неповоротного кольцевого стыкового соединения труб приведена в приложении Б.

## 4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

В данном разделе необходимо определить экономическую целесообразность сварки трубы диаметром 720 мм толщиной стенки 10 мм комбинированной сваркой в среде защитных газов и самозащитной порошковой проволокой Innershield.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- оценить потенциальных потребителей результатов технического проектирования;
- провести расчет норм времени на сварку;
- рассчитать смету технического проекта.

### 4.1 Потенциальные потребители результатов разработки технологии

Выпускная квалификационная работа по теме: «Разработка технологии сборки и сварки магистрального газопровода труб диаметром 720 мм». Суть работы заключается в разработке процесса комбинированной сварки труб при строительстве магистрального нефтепровода. Сегментируем рынок потребления продукции в зависимости от отрасли, размера компании. Карта представлена в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Карта сегментирования по отраслям промышленности

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

ЖКХ		ПАО Транснефть		ПАО Газпром	
-----	--	----------------	--	-------------	--

Из таблицы 4.1 видно, что основными сегментами являются крупные и средние компании нефтяной и газовой отраслей с высоким и средним уровнем использования на объектах трубопроводов. Следовательно, эти компании являются наиболее заинтересованными в результатах исследования.

#### 4.2 Определение норм времени на сварку

В данном разделе производится экономическая оценка двух сравниваемых способов сварки (ручной дуговой сварки (РДС) и комбинированной сварки (КС)) при сборке и сварке участка трубопровода.

Определение норм времени для ручной дуговой и комбинированной сварки производится по методике описанной в [20] (таблица 4.2).

Таблица 4.2 – Основное время для ручной дуговой сварки

Исходные данные	Сравниваемые процессы	
	РДС	КС
$F_n$ – площадь наплавленного металла, мм <sup>2</sup>	126	126
$\gamma$ – плотность наплавляемого металла, г/см <sup>3</sup>	7,8	7,8
$I_{св}$ – сварочный ток, А		
1 проход	90	180
2 проход	160	210
3 проход	160	210
4 проход	160	210
5 проход	160	210
$\alpha_n$ – коэффициент наплавки, г/А·ч	9,5	11,9

Определение основного времени на сварку производится по формуле:

$$t_0 = \frac{F_n \times \gamma \times 60}{I_{св} \times \alpha_n}, \quad (2)$$

где  $F_n$  – площадь наплавленного металла, мм<sup>2</sup>;

$\gamma$  – плотность наплавляемого металла, г/см<sup>3</sup>;

$I_{св}$  – сварочный ток, А;

$\alpha_n$  – коэффициент наплавки, г/А·ч.



Подставляем значения в формулу (2) и получаем для РДС:

$$t_0 = \frac{7,8 \times 60}{9,5} \times \left( \frac{25}{90} + \frac{25}{160} + \frac{25}{160} + \frac{25}{160} + \frac{25}{160} \right) = 45 \text{ мин.}$$

Подставляем значения в формулу (2) и получаем для КС:

$$t_0 = \frac{7,8 \times 60}{11,9} \times \left( \frac{25}{180} + \frac{25}{210} + \frac{25}{210} + \frac{25}{210} + \frac{25}{210} \right) = 24 \text{ мин.}$$

Разница во времени основной сварки между РДС и КС составляет 21 мин, что в процентном соотношении дает уменьшение времени на 47 %.

Необходимые данные для расчета значений времени  $t_{в.ш}$ ,  $t_{в.из}$  а также коэффициента  $k_{об}$  для ручной дуговой сварки получены из [20] (таблица 4.3).

Таблица 4.31 – Вспомогательное время, связанное со сваркой шва

Элементы работы	РДС	КС
Очистка перед сваркой свариваемых кромок от налета, ржавчины и осмотр, мин	0,5	0,5
Зачистка околошовной зоны от брызг наплавленного металла, мин	0,4	0,2
Откусывание огарков проволоки, мин	-	0,1
Установка и смена электродов, мин	0,39	-
Осмотр и промер шва, мин	0,3	0,3
Удаление остатка проволоки из головки полуавтомата. Смена кассеты. Подача проволоки в головку.	-	0,25
Всего	1,59	1,35

Разница во вспомогательном времени сварки между РДС и КС составляет 0,24 мин, что в процентном соотношении дает уменьшение времени на 15 %.

Расчетные данные для вспомогательного времени, связанного с изделием и работой оборудования представлено в таблице 4.4.

Таблица 4.4 – Вспомогательное время, связанное с изделием и работой оборудования

Элементы работы	РДС	КС
Время на установку, мин	7,4	7,4
Снятие и транспортировка, мин	6,4	6,4
Перемещение сварщика, мин	0,2	0,2
Клеймение шва, мин	0,21	0,21
Всего	14,21	14,21

Разница во вспомогательном времени сварки между РДС и КС, отсутствует.

Расчетные данные для подготовительно-заключительного времени, представлено в таблице 4.5.

Таблица 4.52 – Подготовительно-заключительное время, связанное с наладкой и переналадкой оборудования

Элементы работы	РДС	КС
Получение производственного задания, указаний и инструктажа от мастера и его сдача, мин	6	6
Ознакомление с работой, мин	4	5
Подготовка к работе баллона с газом, подключение и продувка шлангов, мин	-	4
Установка, настройка и проверка режимов, мин	-	3
Подготовка рабочего места к работе, мин	4	7
Сдача работы, мин	3	3
Итого	17	28

Разница в подготовительно-заключительном времени между РДС и КС, составляет 11 мин, что в процентном соотношении дает увеличение времени на 39 %.

Расчетные данные для штучного времени, представлено в таблице 4.6.

Таблица 4.6 – Штучное время

Исходные данные	РДС	КС
$t_o$ – основное время на сварку, мин/м	45	24
$t_{ви}$ – вспомогательное время, связанное со свариваемым швом на 1 пог. м шва, мин	1,59	1,35
$l$ – длина шва $l = \pi \times d$	3,2	3,2
$t_{виз}$ – вспомогательное время, связанное со свариваемым изделием, мин	14,21	14,21
$K_{об}$ – коэффициент, учитывающий затраты времени на обслуживание рабочего места, отдых и естественные потребности	1,1	1,12

Определение штучного времени сварки производится по формуле:

$$T_{шт} = [(t_0 + t_{ви}) \cdot l + t_{виз}] \cdot K_{об}, \quad (3)$$

где  $t_0$  - основное время на сварку одного погонного метра шва, мин/м;

$t_{вш}$  - вспомогательное время, зависящее от длины шва, в расчете на погонный метр, мин/м;

$l$  - протяженность сварочного шва данного типоразмера, м;

$t_{виз}$  - вспомогательное время, зависящее от свариваемого изделия и типа сварочного оборудования, мин/изделие;

$k_{об}$  - коэффициент, учитывающий время обслуживания рабочего места и время на отдых и личные надобности (на автоматическую сварку – 1,15; на механизированную – 1,12; на ручную – 1,10).

Подставляем значения в формулу (3) и получаем для РДС:

$$T_{ум} = [(45+1,59) \times 3,2 + 14,21] \times 1,1 = 180 \text{ мин}$$

Подставляем значения в формулу (3) и получаем для КС:

$$T_{ум} = [(24+1,35) \times 3,2 + 14,21] \times 1,12 = 107 \text{ мин}$$

Разница в штучном времени сварки между РДС и КС составляет 73 мин, что в процентном соотношении дает уменьшение времени на 41 %.

Расчетные данные для определения количества свариваемых труб за смену, представлено в таблице 4.7.

Таблица 4.7 – Количество сваренных труб в рабочую смену

Исходные данные	РДС	КС
Тсм – продолжительность одной рабочей смены, ч	8	8
Тшт – штучное время, мин	180	107

Определение размера партии производится по формуле:

$$n = \frac{T_{см} \cdot 60}{T_{шт}}, \quad (4)$$

где Тсм - продолжительность одной рабочей смены, ч;

Тшт – штучное время, мин.

Подставляем значения в формулу (4) и получаем для РДС:

$$n = \frac{8 \times 60}{180} \approx 2,7 \text{ шт}$$

Подставляем значения в формулу (3) и получаем для КС:

$$n = \frac{8 \times 60}{107} \approx 4,5 \text{ шт}$$

Разница в размере партии между РДС и КС, составляет 1,8 шт, что в процентном соотношении дает увеличение количества на 40 %.

Расчетные данные для определения штучно – калькуляционного времени, представлено в таблице 4.8.

Таблица 4.8 – Штучно-калькуляционное время

Исходные данные	РДС	КС
$T_{шт}$ – штучное время, мин	180	107
$t_{пз}$ – подготовительно – заключительное время, мин	17	28
n – размер партии, шт	2,7	4,5

Для дуговой сварки в условиях серийного производства норма времени рассчитывается по формуле:

$$T_{шт} = T_{шт} + \frac{t_{п.з.}}{n}, \quad (5)$$

где  $T_{шт}$  – штучное время, мин;

$t_{п.з.}$  – подготовительно заключительное время;

n – размер партии.

Подставляем значения в формулу (5) и получаем для РДС:

$$T_{шт} = 180 + \frac{17}{2,7} = 186 \text{ мин.}$$

Подставляем значения в формулу (4) и получаем для КС:

$$T_{шт} = 107 + \frac{28}{4,5} = 113 \text{ мин.}$$

Разница в штучно-калькуляционном времени сварки между РДС и КС, составляет 73 мин, что в процентном соотношении дает уменьшение времени на 39 %.

Расчетные данные для определения массы наплавленного металла, представлены в таблице 4.9.

Таблица 4.9 – Масса наплавленного металла шва

Исходные данные	РДС	КС
F <sub>н</sub> – площадь наплавленного металла, мм <sup>2</sup>	126	126
L – длина шва, м	3,2	3,2
γ – плотность наплавленного металла, г/см <sup>3</sup>	7,8	7,8

Определение массы наплавленного металла шва производится по формуле:

$$G_n = F \cdot l \cdot \gamma, \quad (6)$$

где F – площадь наплавленного металла, мм<sup>2</sup>;

l – длина шва, м;

γ – плотность наплавленного металла.

Подставляем значения в формулу (6) и получаем для РДС:

$$G = 126 \times 3,2 \times 7,8 = 3,1 \text{ кг.}$$

Подставляем значения в формулу (6) и получаем для КС:

$$G = 126 \times 3,2 \times 7,8 = 3,1 \text{ кг.}$$

Разница массе наплавленного металла между РДС и КС отсутствует.

#### 4.3 Экономическая оценка сравниваемых способов сварки

Рассматривается возможность изготовления сварного изделия с использованием альтернативных способов и средств сварки, которыми располагает предприятие и когда необходимо выбрать лучший процесс. В подобной ситуации выбор лучшего решения должен осуществляться на основе текущих затрат. При их определении во внимание следует принимать лишь релевантные затраты, то есть такие, которые будут различаться в сравниваемых вариантах и которые могут повлиять на выбор лучшего варианта.

Текущие затраты на сварочные работы состоят из следующих пунктов:

- сварочные материалы;
- основная зарплата;
- отчисления во внебюджетные фонды;

- электроэнергия;
- ремонт оборудования.

### 4.3.1 Затраты на сварочные материалы

Основные данные по затратам на сварочные материалы представлены в таблице 4.10.

Таблица 4.10 – Затраты на сварочные материалы

Исходные данные	РДС	КС
$g_{nm}$ – масса наплавленного металла, кг/изд	3,1	3,1
$k_n$ – коэффициент, учитывающий отношение веса электродов или проволоки к весу наплавленного металла	1,6	1,08
$\Pi_{см}$ – цена электродов, руб/кг LB 52U OK 53.70	440 584	-
$\Pi_{см}$ – цена сварочной проволоки, руб/кг Super Arc NR-208S	-	420 1031

Определение затрат на сварочные материалы производится по формуле:

$$C_{см} = g_{nm} \cdot k_n \cdot \Pi_{см}, \quad (7)$$

где  $g_{nm}$  – масса наплавленного металла, кг/изд;

$k_n$  – коэффициент, учитывающий отношение веса электродов или проволоки к весу наплавленного металла;

$\Pi_{см}$  – цена электродов/ электродной проволоки, руб/кг.

Подставляем значения в формулу (7) и получаем для РДС с Р:

$$C_{см} = 3,1 \times 1,6 \times (440 + 584) = 5079 \text{ руб.}$$

Подставляем значения в формулу (7) и получаем для РДС без Р:

$$C_{см} = 3,1 \times 1,08 \times (420 + 1031) = 4858 \text{ руб.}$$

Разница в затратах на сварочные материалы между РДС и КС, составляет 221 руб, что в процентном соотношении дает уменьшение затрат на 4 %.

### 4.3.2 Затраты на защитный газ

Основные данные по затратам на защитный газ представлены в таблице 4.11.

Таблица 4.11 – Затраты на защитный газ

Исходные данные	РДС	КС
$g_{газ}$ - норма расхода газа, л/мин	-	15
$t_0$ - основное время на сварку, мин/м	-	24
$l$ - длина сварного шва, м/издел	-	3,2
$Ц_{газ}$ - цена за единицу газа руб/л	-	0,033

Определение затрат на защитный газ производится по формуле:

$$C_{газ} = g_{газ} \cdot t_0 \cdot l \cdot Ц_{газ}, \quad (8)$$

где  $g_{газ}$  - норма расхода газа, л/мин;

$t_0$  - основное время на сварку, мин/м;

$l$  - длина сварного шва, м/издел;

$Ц_{газ}$  - цена за единицу газа руб/л.

Подставляем значения в формулу (8) и получаем для автоматической сварки:

$$C_{газ} = 0,033 \times 15 \times 3,2 \times 24 = 38 \text{ руб.}$$

Разница в затратах на защитный газ между РДС и КС, составляет 38 руб, что в процентном соотношении дает увеличение затрат на 100 %, т.к. при РДС защитный газ не применяется.

### 4.4.3 Затраты на заработанную плату рабочих

Основные данные по затратам на заработную плату рабочим представлены в таблице 4.12.

Таблица 4.12 – Затраты на заработанную плату рабочих

Исходные данные	РДС	КС
$C_{мз}$ – среднемесячная заработная плата рабочих соответствующих профессий, руб	60000	60000
$F_{мп}$ – месячный фонд времени работы рабочих, часы/месяц	172	172
$t_{штк}$ – штучно-калькуляционное время на выполнение операции, мин/изд	186	113

Определение затрат на заработанную плату рабочих производится по формуле:

$$C_3 = \frac{C_{мз} \cdot t_{шк}}{F_{мп} \cdot 60}, \quad (9)$$

где  $C_{мз}$  – среднемесячная заработная плата рабочих соответствующих профессий;

$F_{мп}$  – месячный фонд времени работы рабочих, часы/месяц;

$t_{шк}$  – штучно–калькуляционное время на выполнение операции, мин\изд.

Подставляем значения в формулу (9) и получаем для РДС:

$$C_3 = \frac{60000 \times 186}{172 \times 60} = 1081 \text{ руб.}$$

Подставляем значения в формулу (9) и получаем для КС:

$$C_3 = \frac{60000 \times 113}{172 \times 60} = 657 \text{ руб.}$$

Разница в затратах на заработанную плату рабочих между РДС и КС, составляет 424 руб, что в процентном соотношении дает снижение затрат на 39 %.

#### 4.4.4 Затраты на отчисления во внебюджетные фонды

Основные данные по затратам на отчисления во внебюджетные фонды представлены в таблице 4.13.

Таблица 4.13 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исходные данные	РДС	КС
$k_{отч}$ – процент отчислений во внебюджетные фонды от основной и дополнительной заработной платы	30,2 %	30,2 %
$C_3$ – Затраты на заработанную плату рабочих, руб	1081	657

Определение затрат на отчисления во внебюджетные фонды производится по формуле:

$$C_{отч} = \frac{k_{отч} \cdot C_3}{100}, \quad (10)$$



где  $k_{отч}$  – процент отчислений во внебюджетные фонды от основной и дополнительной заработной платы;

$C_z$  – Затраты на заработанную плату рабочих.

Подставляем значения в формулу (10) и получаем для РДС:

$$C_{отч} = \frac{30 \times 1081}{100} = 324 \text{ руб.}$$

Подставляем значения в формулу (10) и получаем для КС:

$$C_{отч} = \frac{30 \times 657}{100} = 197 \text{ руб.}$$

Разница в затратах на отчисления во внебюджетные фонды между РДС и КС, составляет 127 руб, что в процентном соотношении дает снижение затрат на 39 %.

#### 4.4.5 Затраты на электроэнергию

Основные данные по затратам на электроэнергию представлены в таблице 4.14.

Таблица 4.14 – Затраты на электроэнергию

Исходные данные	РДС	КС
$U$ – напряжение, В	26	30
$I$ – сила тока, А	146	204
$t_o$ – основное время сварки, мин/м	45	24
$l$ – длина сварного шва, м/изд	3,2	3,2
$\eta$ – коэффициент полезного действия источника питания	0,8	0,85
$\Pi_{эл}$ – стоимость 1 квт-ч электроэнергии, руб	5,85	5,85

Определение затрат на электроэнергию производится по формуле:

$$C_{эм} = \frac{U \cdot I \cdot t_o \cdot l}{60 \cdot \eta \cdot 1000} \cdot \Pi_{эл}, \quad (11)$$

где  $U$  – напряжение, В;

$I$  – сила тока, А;

$t_o$  – основное время сварки, мин/м;

$l$  – длина сварного шва, м/изд;

$\eta$  – коэффициент полезного действия источника питания;

$\Pi_{эл}$  – стоимость 1 квт-ч электроэнергии, руб.

Подставляем значения в формулу (11) и получаем для РДС:

$$C_{эм} = \frac{26 \times 146 \times 45 \times 3,2}{60 \times 0,8 \times 1000} \times 5,85 = 67 \text{ руб}$$

Подставляем значения в формулу (11) и получаем для КС:

$$C_{эм} = \frac{30 \times 204 \times 24 \times 3,2}{60 \times 0,85 \times 1000} \times 5,85 = 54 \text{ руб}$$

Разница в затратах на электроэнергию между РДС и КС, составляет 13 руб, что в процентном соотношении дает снижение затрат на 19 %.

#### 4.4.6 Затраты на ремонт оборудования

Основные данные по затратам на ремонт оборудования представлены в таблице 4.15.

Таблица 4.153 – Затраты на ремонт оборудования

Исходные данные	РДС	КС
$\Pi_j$ – цена оборудования соответствующего вида: INVERTEC V350 PRO	730000	-
$\Pi_j$ – цена оборудования соответствующего вида: INVERTEC STT-II Idealarc DC-400 LN-23P	-	797000 814565 348000
$k_{рем}$ – коэффициент, учитывающий затраты на ремонт	0,25	0,25
$t_{шк}$ – штучно– калькуляционное время на выполнение операции, мин\изд	186	113
$F_{ГО}$ – годовой фонд времени работы оборудования, ч	2000	2000
$k_3$ – коэффициент, учитывающий загрузку оборудования	0,8	0,8

Определение затрат на электроэнергию производится по формуле:

$$C_p = \frac{\sum_{j=1}^n \Pi_j \cdot k_{рем} \cdot t_{шк}}{F_{ГО} \cdot k_3 \cdot 60}, \quad (11)$$

где  $\Pi_j$  – цена оборудования соответствующего вида;

$k_{рем}$  – коэффициент, учитывающий затраты на ремонт;

$t_{шк}$  – штучно– калькуляционное время на выполнение операции, мин\изд;

$F_{го}$  – годовой фонд времени работы оборудования, ч;

$k_3$  – коэффициент, учитывающий загрузку оборудования.

Подставляем значения в формулу (12) и получаем для РДС:

$$C_p = \frac{730000 \times 0,25 \times 186}{2000 \times 0,8 \times 60} = 353 \text{ руб.}$$

Подставляем значения в формулу (12) и получаем для КС:

$$C_p = \frac{(797000 + 814565 + 348000) \times 0,25 \times 113}{2000 \times 0,8 \times 60} = 577 \text{ руб.}$$

Разница в затратах на электроэнергию между РДС и КС, составляет 224 руб, что в процентном соотношении дает увеличение затрат на 39 %.

#### 4.4.7 Текущие затраты и расчет себестоимости сварного шва

Основные данные по текущим затратам представлены в таблице 4.16.

Таблица 4.16– Результаты расчетов себестоимости сварного шва

Наименование	РДС (1)	КС (2)	Разница (1)–(2)
1. Сварочные материалы	5079	4858	221
2. Защитный газ	-	38	-38
3. Основная зарплата	1081	657	424
4. Отчисления во внебюджетные фонды	324	197	127
5. Электроэнергия	67	54	13
6. Ремонт	353	577	-224
Итого	6904	6381	523

По результатам расчетов разница в общих затратах на сварку одного стыка газопровода диаметром 720 мм между РДС и КС, составляет 523 руб, что в процентном соотношении дает снижение затрат на 8 %.

Проведен технико–экономический анализ процесса сварки стыка газопровода диаметром 720 мм толщиной стенки 12 мм между ручной дуговой сваркой и комбинированной сваркой методом STT и Innershield.

Разница в штучно-калькуляционном времени сварки между РДС (186 мин) и КС (113 мин), составляет 73 мин, что в процентном соотношении дает уменьшение времени на 39 %.

По затратам на сварку стыка выгодна КС, она обходится дешевле на 523 руб, что в процентном соотношении дает снижение затрат на 8 %.

## 5 Социальная ответственность

Объектом исследования является процесс сварки дугой. Данное исследование направлено на разработку метода повышения эффективности процесса сварки магистрального трубопровода.

В данном разделе была поставлена задача исследовать вредные и опасные факторы на человека и окружающую среду, разработать мероприятия по предотвращению данных факторов.

При эксплуатации данного способа сварки и предлагаемого процесса на работающих действуют следующие опасные и вредные факторы:

загазованность воздуха в результате конденсации паров расплавленного металла, защитного газа и покрытия электродов при аргонодуговой сварке;

движущиеся часть установки для сварки неплавящимся электродом;

повышенная температура поверхностей оборудования, материалов и воздуха в рабочей зоне (РЗ), особенно при сварке с подогревом изделий; Действие лучистого потока теплоты не ограничивается изменениями, происходящими на облучаемом участке тела, на облучение реагирует весь организм. Под влиянием облучения в организме происходят биохимические сдвиги, наступают нарушения деятельности сердечно - сосудистой и нервной систем; излишняя яркость при сварке, ультрафиолетовая и инфракрасная радиация; влияние шума имеет место при работе различного оборудования (вентиляторов, сварочных трансформаторов и др.); напряженность труда в связи с полуавтоматическим способом сварки. Воздействие опасных производственных факторов может привести к травме или внезапному резкому ухудшению здоровья. Это действие электрического тока, искры и брызги расплавленного металла, движущиеся машины, механизмы, превышение нормы газа аргона в воздухе и т.д. Наличие расплавленного металла, находящиеся баллон под давлением увеличивает опасность возникновения пожара.

## **5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности**

ВСН 006-89 [23] ведомственные строительные нормы распространяются на сварку кольцевых стыков бесшовных, электросварных прямошовных и спиральношовных труб из горячекатаных, в том числе с контролируемой прокаткой, нормализованных и термически упрочненных низкоуглеродистых и низколегированных сталей с нормативным значением временного сопротивления на разрыв до 588 МПа и термоупрочненных до 637 МПа диаметром от 57 до 1420 мм с толщиной стенок 5-32 мм, предусмотренных проектом.

Вторая часть документа ВСН 012-88 [4] применяется для оформления документации и приемки в эксплуатацию зданий и сооружений, в том числе инженерных коммуникаций.

Документация, оформляемая в процессе строительства, подразделяется на:

- приемно-сдаточную, представляемую генподрядчиком рабочей комиссии, а затем представляемую заказчиком Государственной приемочной комиссии;
- текущую, т.е. внутреннюю документацию, оформляемую исполнителем работ для нужд производства.

## **5.2 Производственная безопасность**

Разрабатываемая технология сварки предполагает использование ручной дуговой сварки, с точки зрения социальной ответственности целесообразно рассмотреть вредные и опасные факторы, которые могут возникать при разработке технологии или работе с оборудованием, а также требования по организации рабочего места.

Для выбора факторов использовался ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» [23]. Перечень

опасных и вредных факторов, характерных для проектируемой производственной среды представлен в виде таблицы 5.1.

Таблица 5.1 – Возможные опасные и вредные производственные факторы на рабочем месте на сварочном участке

<b>Факторы по ГОСТ 12.0.003-2015 [6]</b>	Нормативные документы
Производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги тканей организма человека	Внутренние правила предприятия
Неподвижные режущие, колющие, обдирающие, разрывающие части твердых объектов	Внутренние правила предприятия
Производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий	Правила устройства электроустановок ПУЭ (утв. Минэнерго России) (7-ое издание);
Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения	СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение, 2016
Повышенный уровень шума	ГОСТ 12.1.003-83* Шум. Общие требования безопасности
Повышенный уровень общей вибрации	ГОСТ 31192.1-2004 (ИСО 5349-1:2001) Вибрация. Измерение локальной вибрации и оценка ее воздействия на человека. Часть 1. Общие требования
Производственные факторы, связанные с аномальными микроклиматическими параметрами воздушной среды на местонахождении работающего	ГОСТ 12.1.005-88 Общие санитарно - гигиенические требования к воздуху рабочей зоны
Монотонность труда, вызывающая монотонию	Внутренние правила предприятия
Длительное сосредоточенное наблюдение	Внутренние правила предприятия

**Производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги тканей организма человека**

Источник возникновения фактора: при работе со сварочной дугой, отрезным инструментом, индукторы для предварительного подогрева труб

Типичные профессиональные заболевания или травмы, которые работник может получить: местные ожоги

Допустимые нормы с необходимой размерностью: нормы для оборудования приведены в ГОСТ Р 51337-99.

Разрабатываемые решения, обеспечивающие снижение влияния выявленных факторов: для предохранения тела от ожогов основной защитой является использование специальной одежды и обуви. Костюм и рукавицы должны быть исправными. Костюм одевается с напуском брюк на обувь, чтобы не оставалось незащищенных частей тела. Наиболее подходящей обувью являются ботинки без шнурков с гладким верхом и застежкой сзади либо с резиновыми растягивающими боковинами. Пользование рукавицами предохраняет руки одновременно от ожогов и от порезов об острые кромки металла. В качестве защитных средств от действия излучения дуги, кроме спецодежды, используются маска или шлем. Глаза защищаются от излучения специальными темными стеклами, светофильтрами, вставленными в щиток или шлем, которым сварщик защищает лицо во время сварочных работ.

#### **Режущие, колющие, обдирающие, разрывающие части объектов**

Источник возникновения фактора: внутренний гидравлический центратор ЦВ – 104; трубоукладчик Komatsu - D355C; самоходная энергетическая машина АСТ-4-А.

Типичные профессиональные заболевания или травмы, которые работник может получить: открытые раны, ушибы.

Разрабатываемые решения, обеспечивающие снижение влияния выявленных факторов: использование каски, установка мобильных ограждений и сигнальных табличек. Инструктаж персонала по технике безопасности.



**Производственные факторы, связанные с электрическим током,  
вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие  
которого попадает работающий**

Источник возникновения фактора: специализированный источник питания Invertec STT-II; подающий механизм STT-10; источник питания Idealarc DC-400; подающий механизм LN-23P.

Типичные профессиональные заболевания или травмы, которые работник может получить: электрические ожоги (токовые, контактные дуговые, а также комбинированные); электрические знаки («метки»), металлизация кожи; механические повреждения; электроофтальмия; электрический удар (электрический шок).

Допустимые нормы с необходимой размерностью: все электрооборудование сварочных участков должно соответствовать «Правилам устройства электроустановок» (ПУЭ)

Разрабатываемые решения, обеспечивающие снижение влияния выявленных факторов: основные изолирующие ЭЗС до 1 кВ: изолирующие штанги, изолирующие клещи, указатели напряжения, электроизмерительные клещи, диэлектрические перчатки, ручной изолирующий инструмент.

Дополнительные изолирующие ЭЗС до 1 кВ: диэлектрические галоши, диэлектрические ковры и изолирующие подставки, изолирующие колпаки, покрытия и накладки, лестницы приставные и стремянки изолирующие стеклопластиковые.

**Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения**

Источник возникновения фактора: естественное уличное освещение.

Типичные профессиональные заболевания или травмы, которые работник может получить: утомление зрительного анализатора (при систематическом воздействии – развитие дефектов зрения), снижение работоспособности, профессиональные заболевания.

Допустимые нормы с необходимой размерностью: нормы освещения строительных площадок, наименьшая освещенность должна быть 50 лк.

Разрабатываемые решения, обеспечивающие снижение влияния выявленных факторов: для освещения строительного участка нефтепровода следует применять прожекторы на мачтах, расположенных за обвалованием, согласно, ГОСТ 12.1.046-85.

### **Повышенный уровень шума на рабочем месте**

Источник возникновения фактора: генераторы; инвенторы сварочного тока; приспособление для сборки и сварки; отрезной инструмент

Типичные профессиональные заболевания или травмы, которые работник может получить: вызывает общее утомление, может привести к ухудшению слуха, а иногда и к глухоте, нарушается процесс пищеварения, происходят изменения объема внутренних органов.

Допустимые нормы с необходимой размерностью: уровень шума на рабочем месте сварщика не должен превышать 80 дБА

Разрабатываемые решения, обеспечивающие снижение влияния выявленных факторов: спецодежда (ГОСТ 12.1.029-80. ССБТ «Средства и методы защиты от шума»).

### **Производственные факторы, связанные с аномальными микроклиматическими параметрами воздушной среды на местонахождении работающего**

Источник возникновения фактора: погодные условия

Типичные профессиональные заболевания или травмы, которые работник может получить: тепловой и солнечный удары

Допустимые нормы с необходимой размерностью: согласно СанПиН 2.2.3.1384-03 [23] в летнее время температура должна составлять 20-28 °С; в зимнее время 19-24 °С.

Разрабатываемые решения, обеспечивающие снижение влияния выявленных факторов:

– в целях профилактики перегревания работников при температуре воздуха выше допустимых величин, время пребывания на этих рабочих местах следует ограничить,

– время непрерывного пребывания на рабочем месте не адаптированному к нагревающему микроклимату, сокращается на 5 минут, а продолжительность отдыха увеличивается на 5 минут,

– профилактике нарушения водного баланса работников в условиях нагревающего микроклимата способствует обеспечение полного возмещения жидкости, различных солей, микроэлементов (магний, медь, цинк, йод и др.), растворимых в воде витаминов, выделяемых из организма с потом.

### **Монотонность труда, вызывающая монотонию**

Источник возникновения фактора: производственный процесс

Типичные профессиональные заболевания или травмы, которые работник может получить: повышенная нагрузка на органы чувств (зрение, слух), тяжелая физическая работа, умственное перенапряжение, монотонность труда, стрессовые эмоциональные перегрузки.

Разрабатываемые решения, обеспечивающие снижение влияния выявленных факторов: для профилактики возникновения данных факторов предлагается:

- уменьшить плотность рабочего времени;
- исключить случайно возникающие перебои в работе, организовать ритмизацию трудовых процессов;
- организовать правильный режим труда и отдыха, в частности 30 минутный перерыв после каждых двух часов непрерывной работы или 15 минутный перерыв на каждый час работы.

### **Длительное сосредоточенное наблюдение.**

Источник возникновения фактора: нервно-психологические нагрузки.

Типичные профессиональные заболевания или травмы, которые работник может получить: Перенапряжению зрительных анализаторов и возникновению нервно-эмоционального напряжения у сварщиков.

Разрабатываемые решения, обеспечивающие снижение влияния выявленных факторов: для профилактики возникновения данных факторов предлагается:

Временное переключение на другую работу, обучение правильным методам и приемам работы, периодические медицинские осмотры и др.

### **5.3 Экологическая безопасность**

В данном подразделе рассматривается характер воздействия проектируемого решения на окружающую среду. Выявляются предполагаемые источники загрязнения окружающей среды, возникающие в результате реализации предлагаемых в ВКР решений.

#### *Воздействие на литосферу*

Рекультивация нарушенных земель согласно ГОСТ 17.5.3.04-83 «Охрана природы. Земли. Общие требования к рекультивации земель», будет осуществляться в два последовательных этапа: технический и биологический.

Технический этап рекультивации включает работы, направленные на подготовку земель для последующего целевого использования. Работы технического этапа рекультивации проводятся в течение всего срока ремонта кранового узла. Из состава работ технического этапа рекультивации на площади, необходимой для размещения проектируемых объектов, закладываются следующие виды работ:

- уборка строительного мусора, удаление из пределов строительной полосы всех временных устройств;
- распределение оставшегося грунта по рекультивируемой площади равномерным слоем;
- засыпка или выравнивание рытвин и ям;
- мероприятия по предотвращению эрозионных процессов.

Биологический этап рекультивации включает комплекс агротехнических и фитомелиоративных мероприятий по восстановлению плодородия нарушенных земель. Начальным этапом биологического этапа рекультивации является внесение следующих минеральных удобрений: азотные; фосфатные; калийные.

Для посева используются семена трав местного происхождения, наиболее приспособленные к местным почвенно-климатическим условиям. Посев трав выполняется после окончания ремонтных работ в осенний период, в сентябре (предснежный), при невозможности – весной. Посев следует проводить в безветренную погоду. Посев трав предусмотрен на всей площади, подлежащей биологической рекультивации.

Отходами в сварочном производстве являются: металлолом черных и цветных металлов и сплавов; отработанные абразивные круги; мусор от уборки территории; промасленная ветошь, картон, полиэтиленовая упаковка.

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

В контейнеры исключается попадание атмосферных осадков и запрещается раздувание отходов.

Для хранения отходов, обладающих пожароопасными свойствами (отработанные масла, ветошь, масляные фильтры) организуются специальные места хранения исключающие возможность самопроизвольного возгорания.

#### *Воздействие на гидросферу*

На береговых участках, в местах переходов нефтепроводов через водотоки, существует опасность развития эрозионных (абразионных) процессов в результате уничтожения почвенно-растительного слоя и нарушения грунтов естественного сложения. При этом грунты обратной засыпки являются менее устойчивыми к водно-эрозионному воздействию. В результате, в местах переходов нефтепроводов через водотоки значительно возрастает опасность размыва грунтов обратной засыпки и оголения трубы [23].

Для защиты поверхности грунтов обратной засыпки от воздействия ветровой, водной и волновой эрозии на участках перехода нефтепроводом через водотоки на береговом склоне и пойменной части предусмотрена

засыпка крупнообломочным каменным материалом фракции 70-120 мм толщиной 0,5 м.

Верх укрепления из каменной наброски должен совпадать с естественной поверхностью. Под слоем каменной наброски укладывается геотекстильное полотно. Для защиты грунтов полосы строительства нефтепровода от обводнения в пределах срезок и полок предусмотрено устройство водоотводных канав и водопропусков [24].

#### *Воздействие на атмосферу*

Сварочные работы производятся на открытом воздухе. Значения ПДК вредных веществ в воздухе рабочей зоны приведены согласно ГОСТ 12.1.005-88 [24]. Вредными основными веществами, выделяющимися при сварке сталей, являются: окись углерода, хром, марганец и фтористые соединения (таблица 5.2).

Таблица 5.2 – Предельно допустимые концентрации вредных веществ, которые выделяются в воздухе при сварке металлов [24]

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

#### **5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

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

Для предупреждения вероятности осуществления диверсии участок необходимо оборудовать круглосуточной охраной, пропускной системой, надежной системой связи, а также исключения распространения информации о системе охраны объекта, расположении помещений и оборудования в помещениях, системах охраны, сигнализаторах, их местах установки и количестве.

При проведении исследований наиболее вероятной ЧС является возникновение пожара. Пожарная безопасность представляет собой единый комплекс организационных, технических, режимных и эксплуатационных мероприятий по предупреждению пожаров и взрывов.

Согласно Федерального закона от 22.07.2008 N 123-ФЗ (ред. От 30.04.2021) «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» пожары классифицируются по виду горючего материала и на участке по ремонту кранового узла газопровода относятся к пожарам горючих жидкостей или плавящихся твердых веществ и материалов (В).

Таблица 5.3 – Нормы наличия средств пожаротушения на объектах строительства и ремонта нефтепроводов

Наименование средств пожаротушения	Ед. изм.	Количество
Съемная цистерна (в том числе собственного производства) или резиновая емкость для воды объемом 1500 л	шт.	1
Лесопатрульные пожарные машины	шт.	1
Напорные пожарные рукава (Д=26, 51, 66 мм)	пог.м	300
Зажигательный аппарат	шт.	2
Смачиватели, пенообразователи	кг	20
Бензопилы	шт.	2
Радиостанции носимые УКВ или КВ диапазона	шт.	1
Электромегафон	шт.	1
Ручные инструменты: лопаты, топоры, мотыги, грабли, пилы поперечные	шт.	5
Бидоны или канистры для питьевой воды емкостью до 20 л	шт.	2
Кружки для воды	шт.	10
Противодымные респираторы	шт.	10
Защитные очки	шт.	10
Аптечка первой помощи	шт.	2
Индивидуальные перевязочные пакеты	шт.	по числу раб.

Общие решения по обеспечению противопожарной безопасности:

- Использовать первичные средства пожаротушения, немеханизированный пожарный инструмент и инвентарь для хозяйственных и прочих нужд, не связанных с тушением пожара, запрещается.
- Заземление передвижных электростанций. Сопротивление заземляющего устройства не должно превышать 25 Ом.

### **Выводы по разделу Социальная ответственность**

В работе рассмотрены вредные и опасные факторы, которые могут возникать при сборке и сварке магистрального газопровода.

Все потенциально возможные вредные и опасные факторы на сварочном участке соответствует допустимым нормам.

Сварочный участок по категории электробезопасности, согласно ПУЭ, относится к категории с повышенной опасностью.

Сварщики имеют вторую группу электробезопасности согласно Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок.

Категорию тяжести труда сварщиков по СанПиН 1.2.3685-21 "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания" относится к III категории работ, тяжелая.

Разработаны мероприятия по прогнозированию и предупреждению чрезвычайных ситуаций различного характера. В перечень рекомендуемых средств пожаротушения входят: пожарная цистерна с водой, огнетушитель ОП-5, ящик с сухим и чистым песком. Категория сварочного участка по взрывопожарной и пожарной опасности согласно СП 12.13130.2009 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности» относится к категории А, взрывоопасная.

Для хранения отходов, обладающих пожароопасными свойствами организуются специальные места хранения исключаящие возможность



самопроизвольного возгорания. Сварочный участок по степени воздействия на окружающую среду относится к объектам II категории.

Рабочее место на сварочном участке по сборке и сварке наклонной врезки при изготовлении технологического трубопровода соответствует НТД.

## **Заключение**

В представляемой выпускной квалификационной работе разработана технология сборки и сварки неповоротных кольцевых стыковых соединений труб диаметром 720 мм.

В ВКР представлен рациональный выбор способа сварки. В работе предложено использовать для сварки корневого шва сплошную проволоку с использованием защитного газа, а для выполнение заполняющих и облицовочного швов применять сварку порошковой самозащитной проволокой.

Разработаны мероприятия по технике безопасности и охрана труда при выполнении сборочно-сварочных и слесарных операций. Приведен технико-экономический анализ разработанного технологического процесса изготовления неповоротных кольцевых стыковых соединений труб.

## Список использованных источников

1. Полосков С. И., Ерофеев В. А., Масленников А. В. Прогнозирование качества сварных соединений на основе физико-математической модели процесса орбитальной сварки// Сварочное производство. 2005. № 2. С. 8-16.
2. Ищенко Ю. С., Букаров В. А. Анализ факторов, определяющих формирование сварочной ванны при орбитальной сварке неповоротных стыков труб (обзор)// Сварочное производство. 2003. № 2. С. 11- 19.
3. Алешин Н.П., Гладков Э.А., Доронин Ю.В., Бродягин В.Н., Кузнецов П.С., Шолохов М.А. / Актуальные вопросы сварки неповоротных стыков трубопроводов в монтажных условиях // Сварка и диагностика - №3 – 2013 – С. 36-41.
4. Pepe N., Yapp D. High productivity of welding of CRA pipes. 2nd South East European IIW International Congress. Sofia. Bulgaria. 2010.
5. Hagan D., Riley N. (1979) MIAB welding. Part 2. Fabrication the Fiesta rear axle. Metal Construction, 12, 625, 627-629.
6. Д. С. Бузорина, М. А. Шолохов, М. П. Шалимов / Совершенствование методики расчета параметров режима многопроходной сварки в защитных газах // Автоматическая сварка 2014 №10 С 28-31.
7. Сварка самозащитной порошковой проволокой [Электронный ресурс] – режим доступа к ст.: Особенности сварки самозащитной порошковой проволокой (mmasvarka.ru).
8. СТО Газпром 2–2.2–136–2007. Инструкция по технологиям сварки при строительстве и ремонте промышленных и магистральных газопроводов.
9. ГОСТ 26271 Проволока порошковая для дуговой сварки углеродистых и низколегированных сталей. Общие технические условия.
10. ВСН 006-89 Строительство магистральных и промышленных трубопроводов. Сварка

11. ВСН 012-88 Строительство магистральных и промысловых трубопроводов. Контроль качества и приемка работ. Часть II
12. Акулов А.И. Технология и оборудование сварки плавлением: Учебник для студентов вузов.-М.: Машиностроение, 1977-432с.
13. Аппарат ДС400.33УКП [Электронный ресурс] – режим доступа к ст.: <http://xn--e1aqadalkdy.xn--p1ai/ru/product/ds40033ukp/>
14. Подающий механизм ПМ-4.33 [Электронный ресурс] – режим доступа к ст.: Купить подающий механизм ПМ-4.33 на Сварщик бай (svarshik.by)
15. Перечень сварочного оборудования и оборудования для термической резки, рекомендованного к применению в составе технологий сварки при строительстве, реконструкции и капитальном ремонте объектов ПАО «Газпром».
16. ГОСТ 8050-85 Двуокись углерода газообразная и жидкая. Технические условия.
17. Сварочная проволока SuperArc L-56 / [Электронный ресурс] – Режим доступа: promssnab.ru -superarc-l-56.
18. Сварочная самозащитная проволока Innershield NR-208S / [Электронный ресурс] – Режим доступа: www.arguslimited.ru.
19. Организация и планирование производства. Основы менеджмента: метод. указ. к выполн. курс. работы. для студентов спец. 120500«Оборудование и технология сварочного производства».-Томск: Изд. ЮФТПУ, 2000-24 с.
20. Менеджмент. Методические указания к выполнению курсовой работы для студентов специальности (150202) оборудование и технология сварочного производства /Сост. Ю.С.Прокофьев. - Томск: Изд – во ТПУ,2006. – 56с.
21. СТО Газпром 2-2.2-136-2007. Стандарт организации. Инструкция по технологиям сварки при строительстве и ремонте промысловых и

магистральных газопроводов. Часть I: «Научно-исследовательский институт природных газов и газовых технологий – ВНИИГАЗ», 2007.

22. СТО ГАЗПРОМ 14-2005. Типовая инструкция по безопасному проведению огневых работ на газовых объектах ОАО Газпром. – ООО «Научноисследовательский институт природных газов и газовых технологий» – ВНИИГАЗ.

23. «Охрана труда в машиностроении»: Учебник для вузов; под ред. Е.Я. Юдина – 2-е изд. перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1983.–432 с.

24. СН 2.2.4/2.1.8.562–96 – «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки».

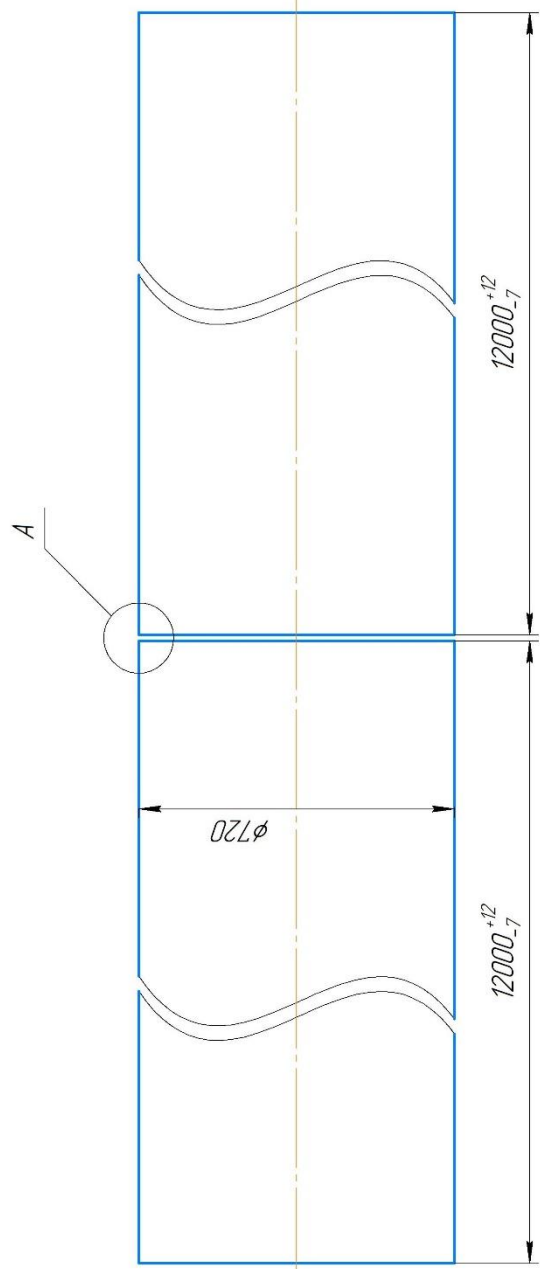
25. ГОСТ 12.1.007.0–75 - «Система стандартов безопасности труда. Оборудование электротехническое».

26. ГОСТ 12.1.005–88 – «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны».

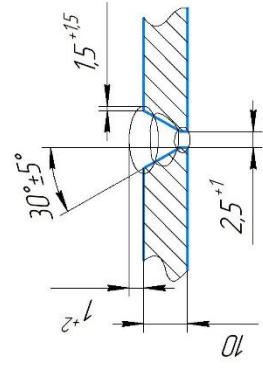
**Приложение А**  
(Обязательное)

Сварной стык ФЮРА.302610.001

ФЮРА.302610.001



A (1:1)



ФЮРА.302610.001		Лист	Масса	Масштаб
<b>Сварной стык</b>		Лист		1:10
		Лист	Листов	1
				НИ ТПУ
				Формат А3
				Копировать

**Приложение Б**  
(Обязательное)

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



**ОПЕРАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА**

**сборки и сварки неповоротных кольцевых стыковых соединений труб Ø720x10 мм класса прочности К52 (для производства работ)**

Организация	Наименование газопровода						Способ сварки	Конструктивные элементы сварных соединений	Шифр карты
							МП+МПС	Труба+труба	
<b>Характеристика труб и элементов</b>									
Номер ТУ, ГОСТ а, марка стали	Диаметр, мм	Толщина стенки, мм	Класс прочност и	Нормативное значение временного сопротивлени я разрыву, МПа	Нормативный эквивалент углерода, (С <sub>экв</sub> ) %		Провести подогрев до +50 <sup>+30</sup> °С при температуре окружающего воздуха ниже +5 °С и/или наличии влаги на концах труб.		<p>1). Корневой слой шва: -сварочная проволока Super Arg L-56 диаметр 1,14 мм E R 70 S-6 по AWS A5.18 Lincoln Electric Company СТО Газпром 2-2.2-136-2007.</p> <p>2). Запояняющие и облицовочный слои шва: -сварочная проволока Innershield NR-207 диаметр 1,7 мм E71T8-K6 по AWS A5.29 Lincoln Electric Company СТО</p>
					С <sub>пw</sub>	С <sub>p см</sub>			
Труба: 09Г2С ТУ 14-156-77-2008	720	10	К52	470	≤0,31	≤0,19	Ширина зоны равномерного нагрева не менее 150 мм (не менее 75	Минимальное количество слоёв – 3	
Труба: 09Г2С ТУ 14-156-77-2008	720	10	К52	470	≤0,31	≤0,19			

									мм в каждую сторону от свариваемых кромок)	Газпром 2-2.2-136-2007.
<b>Дополнительные требования и рекомендации</b>										
<p>1. Допустимые отклонения толщины стенки 10±0,8 мм по ТУ 14-156-77-2008.</p> <p>2. Направление сварки для корневого, заполняющих и облицовочного слоев шва – «на спуск».</p> <p>3. Сварка каждого слоя выполняется одновременно не менее чем 2 сварщиками.</p> <p>4. Сборку кольцевого сварного соединения труб следует производить с использованием внутреннего гидравлического или пневматического центрактора без прихваток.</p> <p>5. Не допускается перемещать или подвергать любым внешним воздействиям трубы и СДТ до полного завершения сварки соединения.</p> <p>6. Разрешается оставлять незаконченными сварные соединения в случае, если высота сварного шва составляет не менее 2/3 толщины стенки трубы.</p> <p>7. Температура на краях труб перед сваркой корневого слоя шва (выполнения прихваток) должна быть не ниже установленной для каждой толщины стенки номинального значения.</p> <p>8. Межслойная температура должна составлять не менее 50°С и не более 250 °С. В случае остывания сварного соединения ниже +50°С произвести соответствующий подогрев до +100<sup>+30</sup>°С.</p> <p>9. Усиление облицовочного слоя по периметру межваликовой канавки должно составлять не менее 1,0 мм. Глубина межваликовой канавки должна составлять не более 1,0 мм. Высота усиления по периметру центральной оси каждого прохода (валика) облицовочного слоя не должна превышать 3,0 мм.</p> <p>10. Изменение ширины облицовочного слоя на одном сварном соединении не должно превышать 5 мм.</p> <p>11. Возбуждение дуги при сварке следует выполнять только на</p>										
<b>Режимы механизированной сварки корневого слоя шва</b>										
Направление сварки	Скорость подачи проволоки*, м/мин	Род тока, полярность	Пиковый ток, А	Базовый ток, А	Вылет электрода, мм	Расход газа, л/мин				
На спуск	2,3-4,05	Постоянный, обратная	400-430	50-55	10-16	10-16				
<p>В положении от 0<sup>00</sup> до 1<sup>00</sup> ч сварка осуществляется с поперечными колебаниями без задержки на краях при скорости подачи проволоки 2,3-3,05 м/мин, в положении от 1<sup>00</sup> до 6<sup>00</sup> ч без поперечных колебаний при скорости подачи проволоки 3,3-4,05 м/мин.</p> <p>Скорость изменения заднего фронта импульса 0. Установка параметра горячего старта 2 или 3.</p> <p>Угол наклона электрода (назад): в положении 0<sup>00</sup> ч от 10° до 20°, в положении 0<sup>00</sup> до 1<sup>00</sup> ч от 30° до 45°, в положении 1<sup>00</sup> до 4<sup>00</sup> ч от 20° до 45°, в положении 4<sup>00</sup> до 5<sup>00</sup> ч постепенно уменьшать до нуля, в положении 5<sup>00</sup> до 6<sup>00</sup> ч от 5° до 10°.</p>										
<b>Режимы сварки заполняющих и облицовочного слоев шва</b>										
Сварочные слои	Направление сварки	Диаметр, мм	Полярность	Сварочный ток, А	Скорость подачи проволоки, м/мин	Напряжение, В				
Заполняющие	На спуск	1,7	прямая	-	2,5-2,8	18,5—20,5				
Корректирующий	На спуск	1,7	прямая	-	2-2,3	17,5-18,5				

Облицовочный	На спуск	1,7	прямая	-	2-2,3	17,5-18,5	поверхности разделки свариваемых кромок или на поверхности ранее выполненном сварном слое шва. Запрещается загибать дугу на поверхности металла труб и СДГ. Присоединение обратного кабеля должно обеспечивать токоподвод преимущественно в разделку кромок элементов. Не допускается приваривать к телу трубы и СДГ какие-либо крепежные элементы обратного кабеля.
<p>При сварке порошковой проволокой следует строго соблюдать соотношение между скоростью подачи проволоки и напряжением.</p> <p>12. Перед выполнением облицовочного слоя следует недоzapолнить разделку на 1–2 мм в нижнем и потолочном положениях.</p> <p>13. При проведении работ не должна нарушаться целостность изоляции.</p> <p>14. На изоляционном покрытии (на расстоянии от 100 до 150 мм от края изоляции) маркером или несмываемой краской должно быть нанесено клеймо/шифр бригады сварщиков, выполнявших сварку соединения трубы и СДГ.</p> <p>15. Не допускается приваривать обратный кабель к телу трубы.</p> <p>16. Порошковая проволока (при отсутствии прямого попадания влаги) не требует прокаливания перед использованием.</p>							
<b>ПЕРЕЧЕНЬ И ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ОПЕРАЦИЙ СБОРКИ И СВАРКИ</b>							
№	Операция	<b>Содержание операций</b>				Оборудование	
1	Очистка труб	<ul style="list-style-type: none"> <li>Внутреннюю и наружную неизолированную поверхность труб очистить от земли, снега, наледи и других загрязнений. При очистке внутренней полости труб не должна быть нарушена целостность внутреннего гладкостенного покрытия.</li> </ul>				Скребок- SKYSCRAPER кол-во 2 шт, Металлическая щетка STAINLESSSTE L кол-во 2шт	

2	<p style="text-align: center;"><b>Подготовка кромки</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Осмотреть кромки соединяемых элементов, а также прилегающие к ним наружные и внутренние поверхности. На наружных и внутренних поверхностях, торцах труб и СДТ не допускаются трещины, рванины, закаты, расслоения, вкатанные окислы.</li> <li>• Устранить шлифованием цапалыны, риски, задиры на поверхности труб глубиной до 5% от нормативной толщины труб, при этом толщина стенки не должна быть выведена за пределы минусового допуска для труб по ТУ. Устранить шлифованием с плавным переходом к основному металлу трубы задиры, риски и цапалыны глубиной до 0,2 мм без ограничения протяженности, а также глубиной не более 0,4 мм и длиной не более 150 мм. Места зачистки не должны выводить остаточную толщину стенки трубы за пределы минусового допуска по ТУ.</li> <li>• Замер толщины стенки на участках поверхности труб и СДТ, подвергнутых зачистке (зашлифовке), производить с помощью ультразвукового толщиномера.</li> <li>• Не допускается выполнять ремонт сваркой основного металла тела труб и СДТ.</li> <li>• Трубы и СДТ с недопустимыми дефектами на свариваемых кромках, а также на внутренней и наружной поверхности на расстоянии менее 40 мм от торцов к сборке не допускаются. Поврежденный участок трубы должен быть обрезан, а резаные торцы должны быть обработаны специализированным станком до восстановления требуемой разделки кромок. При этом металл резаных кромок должен быть удален станком на глубину не менее 1,0 мм.</li> <li>• После обрезки (вырезки) участка трубы с недопустимыми дефектами с целью выявления возможных расслоений необходимо выполнить ультразвуковой контроль сплошным сканированием всего периметра участка трубы, прилегающего к торцу на ширине не менее 40 мм. Если в процессе УЗК выявлено наличие расслоений, необходимо обрезать трубу на расстоянии не менее 300 мм от торца и произвести повторный контроль всего периметра трубы.</li> <li>• Наружное усиление заводского шва снять с поверхности трубы и СДТ до высоты 0,5 – 1,0 мм на расстоянии 10-15 мм от торца.</li> <li>• Зачистить до чистого металла кромки и прилегающие к кромкам внутреннюю и наружную поверхности труб и СДТ на ширину не менее 15 мм без нарушения внутреннего гладкого покрытия элементов.</li> </ul>	<p>Толщиномер ультразвуковой А1207, универсальный шаблон сварщика УПС-3, линейка металлическая 300, Штангенциркуль ШЦ-1-125 ЧИЗ с глубиномером , шлифмашинка BOSCH GRB 14 CE PROFESSIONA L 06018.A9000 - 2 шт с набором абразивных кругов и дисковых проволочных щеток, контактный термометр</p>
---	---	--	--

3	<p align="center"><b>Сборка соединения</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Осуществить сборку стыкового соединения на внутреннем центраторе с зазором 2,5-3,5 мм.</li> <li>• Заводские швы смещать относительно друг друга на расстояние не менее 100 мм. Заводские швы рекомендуются располагать в верхней половине периметра.</li> <li>• Не допускается для установления необходимых параметров сборки зазора, смещения кромок применять ударный инструмент.</li> </ul>	<p>Внутренний центратор ЦВ-85, универсальный шаблон сварщика УШС-3, линейка металлическая 300</p>
4	<p align="center"><b>Подогрев соединения</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Установить на свариваемое соединение индукционный подогреватель и осуществить предварительный подогрев до <math>+50^{+30}</math> °С при температуре окружающего воздуха ниже <math>+5</math> °С и/или наличии влаги на концах труб. В случаях прекращения энергообеспечения или при выходе из строя установки индукционного нагрева, допускается выполнять нагрев газопламенными нагревательными устройствами (кольцевыми газовыми подогревателями) до возобновления энергообеспечения или замены вышедшего из строя оборудования, но не более, чем до конца рабочей смены или полного завершения сварного шва. Подогрев не должен нарушать целостность изоляции. При применении газопламенных нагревательных устройств (горелок) следует применять термоизолирующие пояса или боковые ограничители пламени. Максимальная температура нагрева элементов в месте начала заводского изоляционного покрытия труб не должна превышать <math>120\pm 10</math>°С.</li> <li>• Контроль температуры выполнять непосредственно перед выполнением корневого слоя шва на наружной поверхности в местах, равномерно расположенных в каждой четверти по периметру сварного соединения на расстоянии от 10-15 мм и от 60-75 мм в обе стороны от свариваемых кромок соединения.</li> <li>• В случае снижения температуры кромок в процессе сборки и сварки первого (корневого слоя шва) ниже температуры: <math>+50</math>°С необходимо выполнить подогрев до регламентированной температуры предварительного подогрева. Допускается при снижении температуры предварительного подогрева свариваемых кромок не более чем на <math>10</math>°С выполнять подогрев газопламенными устройствами (ручными газовыми горелками, кольцевым газовым подогревателем).</li> <li>• Снять подогреватель.</li> </ul>	<p>Установка индукционного подогрева ППЧ-20-10, кольцевой газовый подогреватель «Кольцо-720», Термоизолирующий пояс ТЗП-720, контактный термометр.</p>

5	<p><b>Сварка</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Выполнить сварку корневого слоя шва проволокой сплошного сечения в среде углекислого газа методом STT «на спуск» без сварки прихваток. Сварка выполняется одновременно двумя сварщиками, при этом каждый сварщик сваривает один из полупериметров трубы.</li> <li>• В месте начала выполнения корневого слоя шва вторым сварщиком (положение 0 ч) полностью вышлифовать первые 1–2 см шва, выполненные первым сварщиком, и далее сошлифовать до минимально возможной величины верхнюю часть шва на длине не менее 2 см для обеспечения плавного выхода на сварку второй полукружности трубы.</li> <li>• В месте выполнения «замка» вторым сварщиком (положение 6 ч) сошлифовать до минимально возможной толщины участок корневого слоя шва на длине не менее 2 см, выполненный первым сварщиком.</li> <li>• Произвести тщательную обработку абразивным кругом поверхности корневого слоя шва.</li> <li>• Провести визуальный контроль корневого слоя шва снаружи и внутри трубы.</li> <li>• Выполнить сварку самозащитной порошковой проволокой «на спуск» первого и последующих заполняющих слоев шва.</li> <li>• Места начала и окончания сварки каждого последующего слоя должны быть смещены относительно мест начала и окончания предыдущего слоя, при этом место начала сварки следует смещать на расстояние не менее 30 мм, место окончания сварки - на расстояние не менее 70 мм. При многопроходной сварке места начала и окончания сварки соседних проходов следует смещать друг от друга на расстояние не менее 30 мм.</li> <li>• По завершении каждого прохода производить последнюю зачистку от шлака и брызг. При этом после выполнения первого заполняющего слоя зачистка производится абразивным кругом или дисковой проволочной щеткой, всех последующих слоев – дисковой проволочной щеткой.</li> <li>• Перед наложением облицовочного слоя выполнить сварку порошковой проволокой корректирующего слоя в положениях <math>1^{30} \div 4^{30}</math> ч и <math>9^{30} \div 7^{30}</math> ч (ориентировочно). Расположение корректирующего слоя зависит от толщины стенки труб и особенности заполнения разделки каждым сварщиком.</li> <li>• Выполнить сварку порошковой проволокой облицовочного слоя шва.</li> <li>• В процессе сварки должен осуществляться пооперационный внешний осмотр качества выполнения каждого слоя шва. При этом видимые поверхностные дефекты слоев шва должны устраняться по мере их выявления.</li> <li>• Выровнять шлифмашинкой видимые грубые участки поверхности облицовочного слоя шва и зачистить набором дисковых проволочных щеток прилегающую к нему поверхность труб на расстоянии не менее 15 мм от шлака и брызг.</li> <li>• После окончания сварки, сварное соединение при температуре окружающего воздуха ниже +5°C и/или наличии осадков следует накрыть термоизолирующим поясом до полного остывания.</li> <li>• Маркировку (клеймение) кольцевых швов соединений труб следует выполнять маркерами или несмываемой краской на наружной поверхности трубы на расстоянии от 100 мм до 150 мм от края изоляции.</li> </ul>	<p>Сварочный источник Invertec STT II 2 шт, Механизм подачи проволоки LF 37 2 шт, Сварочный источник Invertec V350-PRO кол- во 2 шт Механизм подачи проволоки LN-23P кол- во 2 шт Внутренний центратор ЦВ-85 1шт, Шлифмашинка BOSCH GRB14 CE PROFESSIONAL 06018A9000 - 2 шт с набором абразивных кругов и дисковых проволочных щеток, Металлическая щетка STAINLESSSTEL 2 шт, Шаблон сварщика УПС-3, Линейка металлическая 300 Термопояс, Маркер или несмываемая краска</p>
---	--	---