



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

Школа	Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности
Направление подготовки	15.03.01 Машиностроение
ООП/ОПОП	Оборудование и технология сварочного производства
Специализация	Оборудование и технология сварочного производства
Отделение	электронной инженерии

### ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА БАКАЛАВРА

Тема работы
Разработка технологии сборки и сварки магистрального газопровода из труб диаметром 1020 мм УДК 621.791.75:622.691.4.053.073

Обучающийся

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-1В81	Прудюс Владислав Дмитриевич		

Руководитель ВКР

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

### КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН, ШБИП	Рыжакина Т.Г.	к.э.н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ООД, ШБИП	Федорчук Ю.М.	д.т.н., профессор		

Нормоконтроль

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ, ИШНКБ	Дерюшева В.Н.	к.т.н., доцент		

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП, должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ, ИШНКБ	Першина А.А.	к.т.н., доцент		

## ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ООП

Код компетенции	Наименование компетенции
<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

<b>ПК(У)-3</b>	Способен обеспечивать техническое оснащение рабочих мест с размещением технологического оборудования; умением осваивать вводимое оборудование
<b>ПК(У)-4</b>	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
<b>ПК(У)-5</b>	Умеет проверять техническое состояние и остаточный ресурс технологического оборудования, организовывать профилактический осмотр и текущий ремонт оборудования
<b>ПК(У)-6</b>	Умеет проводить мероприятия по профилактике производственного травматизма и профессиональных заболеваний, контролировать соблюдение экологической безопасности проводимых работ
<b>ПК(У)-7</b>	Умеет выбирать основные и вспомогательные материалы и способы реализации основных технологических процессов и применять прогрессивные методы эксплуатации технологического оборудования при изготовлении изделий машиностроения
<b>ПК(У)-8</b>	Умеет применять методы стандартных испытаний по определению физико-механических свойств и технологических показателей используемых материалов и готовых изделий
<b>ПК(У)-9</b>	Способен к метрологическому обеспечению технологических процессов, к использованию типовых методов контроля качества выпускаемой продукции
<b>ПК(У)-16</b>	Способен к систематическому изучению научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по соответствующему профилю подготовки
<b>ПК(У)-17</b>	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
<b>ПК(У)-18</b>	Способен принимать участие в работах по составлению научных отчетов по выполненному заданию и во внедрении результатов исследований и разработок в области машиностроения
<b>ПК(У)-19</b>	Способен участвовать в работе над инновационными проектами, используя базовые методы исследовательской деятельности
<b>ДПК(У)-1</b>	Способен контролировать соответствие основных и свариваемых материалов, сварочного и вспомогательного оборудования, оснастки и инструмента, технологической документации, соблюдения технологической дисциплины и правильной эксплуатации технологического оборудования
<b>ДПК(У)-2</b>	Способен составлять планы размещения оборудования, технического оснащения и организации рабочих мест, производить расчет производственной мощности и загрузки оборудования
<b>ДПК(У)-3</b>	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)

Школа	<u>Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности</u>
Направление подготовки	<u>15.03.01 Машиностроение</u>
ООП/ОПОП	<u>Оборудование и технология сварочного производства</u>
Специализация	<u>Оборудование и технология сварочного производства</u>
Отделение	<u>электронной инженерии</u>

УТВЕРЖДАЮ:  
Руководитель ООП  
\_\_\_\_\_ А.А. Першина  
(Подпись) (Дата) (ФИО)

### ЗАДАНИЕ на выполнение выпускной квалификационной работы

Обучающийся:

Группа	ФИО
3-1В81	Прудис Владислав Дмитриевич

Тема работы:

Разработка технологии сборки и сварки магистрального газопровода из труб диаметром 1020 мм	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№ 37-63/с от 06.02.2023

Срок сдачи обучающимся выполненной работы:	03.06.2023
--	------------

#### ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p><b>Исходные данные к работе</b> <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 функционированию (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 разделов пояснительной записки подлежащих исследованию, проектированию и разработке</b> <i>(аналитический обзор литературных источников 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>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Обзор и анализ литературы.</li> <li>2. Объект и методы исследования.</li> <li>3. Разработка технологического процесса.</li> <li>4. Конструкторский раздел.</li> <li>5. Проектирование участка сборки-сварки.</li> <li>6. Финансовый менеджмент.</li> <li>7. Социальная ответственность</li> </ol>
<p><b>Перечень графического материала</b> <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>План раскроя заготовок Конструктивные элементы кромок Сборка конструкции</p>

	Конструктивные элементы шва Схема выполнения сварных швов Презентация
--	---

**Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы**

*(с указанием разделов)*

<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Рыжакина Т.Г., к.э.н., доцент ОСГН, ШБИП
Социальная ответственность	Федорчук Ю.М., д.т.н., профессор ООД, ШБИП

<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	06.02.2023
---	------------

**Задание принял к исполнению обучающийся:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
3-1В81	Прудиус Владислав Дмитриевич		

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

Школа Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности  
 Направление подготовки 15.03.01 Машиностроение  
 ООП/ОПОП Оборудование и технология сварочного производства  
 Специализация Оборудование и технология сварочного производства  
 Отделение электронной инженерии

### КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Обучающийся:

Группа	ФИО
3-1В81	Прудюс Владислав Дмитриевич

Тема работы:

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

Срок сдачи обучающимся выполненной работы:	03.06.2023
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
17.02.2023	Обзор литературы	10
28.02.2023	Описание конструкции	10
15.03.2023	3. Обоснование выбора способа сварки 3.1 Рекомендации по изготовлению конструкции	10
30.03.2023	1.1. Анализ нормативной документации Выбор сварочного оборудования	10
05.04.2023	Методы борьбы со сварочными деформациями	10
20.04.2023	1.2. План раскроя заготовок Заготовительные операции	10
05.05.2023	Сборочные операции	10

**СОСТАВИЛ:**

**Руководитель ВКР**

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

**СОГЛАСОВАНО:**

**Руководитель ООП**

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

**Обучающийся**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-1В81	Прудюс Владислав Дмитриевич		

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 98 с., 12 рис., 22 табл., 16 источников, 2 прил.

Ключевые слова: сварка плавлением, технология, режимы сварки, сила сварочного тока, сварочное оборудование, производительность, сварная конструкция, приспособление, промышленная безопасность, себестоимость.

Актуальность работы: в данной выпускной квалификационной работе производится разработка технологии сварки и контроль качества надземного газопровода диаметром 1020 мм.

В последние годы в связи с заметным увеличением стоимости добычи и транспортировки нефтегазовых продуктов на первый план выходит задача снижения себестоимости и сокращения сроков строительства трубопроводов. Известно, что на сварочно-монтажные работы приходится основная часть всего строительного периода. Именно поэтому при сооружении магистральных трубопроводов остро стоит проблема выполнения сварочных работ с высокой производительностью и стабильным качеством.

Объектом исследования является процесс изготовления неповоротных кольцевых стыковых соединений труб диаметром 1020x16 мм.

Цели и задачи работы – получить производство с наибольшей степенью механизации, повышающей производительность труда.

В процессе работы подобраны: технологические параметры режима сварки и сварочное оборудование. В результате проведенной работы разработаны операционные технологические карты.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	10
1 ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР .....	12
1.1 Трубопровод нефтегазового комплекса и особенности его эксплуатации .....	12
1.2 Особенности разрушения нефтегазопроводов.....	17
1.2.1 Влияние срока эксплуатации.....	18
1.2.2 Влияние типоразмера дефектов .....	20
1.3 Комплекс автоматизированного неразрушающего контроля «Унискан МТ».....	21
1.4 Сварка плавящимся электродом в среде защитных газов с управляемым каплепереносом .....	24
2 ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	29
2.1 Описание сварной конструкции .....	29
2.2 Требования НД, предъявляемые к конструкции .....	29
2.2.1 Требования к подготовительным операциям .....	29
2.2.2 Требования к сварке .....	32
2.2.3 Сварка корневого слоя .....	36
2.2.4 Сварка заполняющих и корректирующих швов.....	37
2.3 Требования к предварительному и сопутствующему подогреву .....	43
2.4 Требования к контролю .....	45
3 РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА.....	50
3.1 Анализ сварной конструкции .....	50
3.2 Неразрушающий контроль сварных соединений .....	51
4 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.....	52
4.1 Потенциальные потребители результатов разработки технологии.....	53
4.2 Определение норм времени на сварку .....	54
4.3 Экономическая оценка сравниваемых способов сварки .....	59
4.3.1 Затраты на сварочные материалы .....	60



4.3.2 Затраты на защитный газ .....	60
4.4.3 Затраты на заработанную плату рабочих.....	61
4.4.4 Затраты на отчисления во внебюджетные фонды.....	62
4.4.5 Затраты на электроэнергию .....	63
4.4.6 Затраты на ремонт оборудования .....	64
4.4.7 Текущие затраты и расчет себестоимости сварного шва .....	65
<b>5 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ.....</b>	<b>66</b>
5.1 Производственная безопасность .....	68
5.1.1 Вредные факторы. ....	68
5.1.2 Превышение уровней шума.....	70
5.1.3 Повышенный уровень электромагнитных излучений .....	71
5.1.4 Наличие токсикантов, (запыленность, загазованность), ПДК, класс опасности, СКЗ, СИЗ .....	72
5.1.5 Недостаточная освещенность.....	73
5.1.6 Поражение электрическим током и УФ излучением.....	77
5.2 Электроопасность; класс электроопасности помещения, безопасные номиналы I, U, R <sub>заземления</sub> , СКЗ, СИЗ;.....	80
5.2.1 Поражение электрическим током .....	80
5.2.2. Пожароопасность, категория пожароопасности помещения, марки огнетушителей, их назначение и ограничение применения. ....	81
5.2.3 Работа на механическом оборудовании и слесарном инструменте, СКЗ, СИЗ.....	83
5.3 Экологическая безопасность.....	84
5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях .....	85
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....</b>	<b>87</b>
<b>СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ.....</b>	<b>88</b>
Приложение А (Участок магистрального газопровода) .....	90
Приложение Б (Комплект технологической документации).....	92

## ВВЕДЕНИЕ

Трубопроводный транспорт является одним из ключевых элементов народного хозяйства в настоящее время, используемым для перевозки нефти, газа и других видов энергоносителей. Стальные сварные трубы составляют основной конструктивный элемент трубопроводных систем, которые составляют более 80% металлоемкости транспортной системы.

Несмотря на кажущуюся простоту, трубопроводы на самом деле являются сложной и дорогостоящей конструкцией. Например, магистральные газопроводы имеют длину более 4 тысяч километров и эксплуатируются в разных природных условиях, от вечной мерзлоты на севере до пустынь на юге. С таким высоким внутренним давлением до 75 атмосфер, трубопроводы подвержены различным конструктивно-технологическим и монтажно-эксплуатационным концентраторам напряжений, деформационному старению и другим изменениям, которые могут привести к аварийному разрушению при увеличении времени эксплуатации.

Качество строительства магистральных трубопроводов имеет несколько аспектов, так как общее качество всего трубопровода зависит от качества каждого этапа строительства, включая подготовку, земляные работы, сварку, монтаж, укладку и испытания. Но самой важной частью, которая сильно влияет на эксплуатационные характеристики трубопровода, является сварочно-монтажная работа. В настоящее время сварка является единственным способом соединения труб в секции (путем укрупнительной сварки поворотных стыков) и в непрерывную нитку (сварка неповоротных стыков).

В трубопроводном строительстве России наиболее распространенным методом сварки неповоротных стыков является сварка в среде защитных газов и механизированный способ сварки с применением порошковой проволоки, позволяющей получать правильную геометрию сварочного шва в

различных пространственных положениях. Такая технология сварки трубопроводов дает возможность оптимизировать затраты на их строительство. Механизированный сварочный процесс позволяет повысить производительность и осуществлять сварку со скоростью 30-60 см/мин, а при ручной дуговой сварке этот показатель составляет около 10-20 см/мин.

Немаловажным аспектом в производстве магистрального трубопровода является его неразрушающая дефектовка. В настоящее время неразрушающий контроль сварных соединений позволяет полностью прогнозировать и анализировать дефекты сварки, что в свою очередь предотвращает разрушение конструкции.

В целях экономии, применяют разнообразные комплексы для комплексной дефектовки сварных стыков. Это позволяет повысить скорость проведения дефектовки, унифицировать оборудование и сократить затраты.

# 1 ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

## 1.1 Трубопровод нефтегазового комплекса и особенности его эксплуатации

Нефтегазовый комплекс включает в себя различные оболочковые конструкции, включая трубопроводы разного диаметра, теплообменники и реакторы. Все эти конструкции имеют сварные соединения, выполненные дуговой сваркой плавлением или родственными технологиями. Качество сварных соединений имеет огромное значение для надежности работы оболочковых конструкций. Изменения в структурно-фазовом составе материала, остаточные сварочные напряжения, деформации и гетерогенность зон сварного соединения могут оказывать сильное влияние на сопротивляемость оболочковой конструкции коррозии и механическому разрушению.

Данные [1] говорят о том, что количество аварийных отказов на магистральных нефтегазопроводах в начале века было колоссальным, и в некоторые годы достигало до 80-100 случаев. Однако, из-за отсутствия данных в открытой печати, анализ разрушений трубопроводных систем такого типа затруднен. Это создает трудности в установлении объективных причин разрушения и использования современных методов расчетной и экспериментальной оценки работоспособности трубопроводов с учетом условий эксплуатации.

Многие специалисты [2] считают, что высокая аварийность магистральных нефтегазопроводов была обусловлена уже на стадии проектирования. Это связано с тем, что при проектировании данных сооружений было основным требованием снижение стоимости проекта без должного обоснования надежности и безопасности при эксплуатации в условиях высокой жесткости.

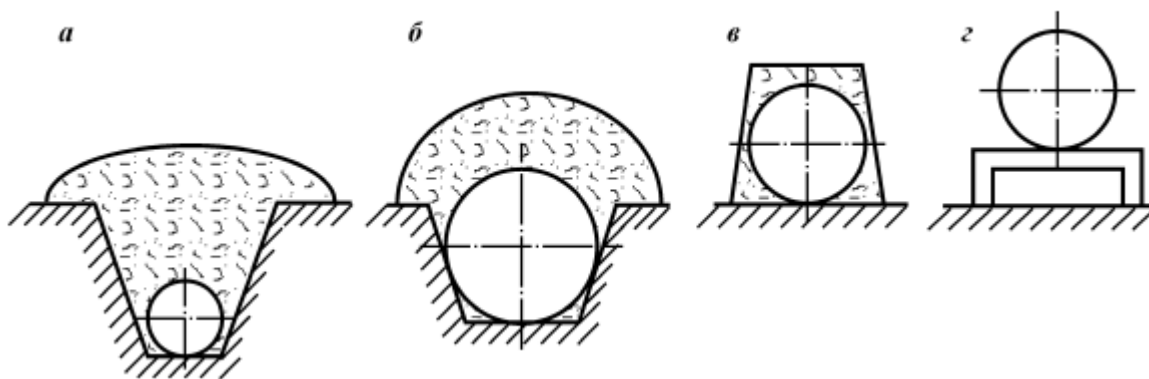
Подтвердить это утверждение можно приведя опыт проектирования и эксплуатации магистралей, изготовленных из сталей с классом прочности

К60 и ниже. Использование трубных сталей с повышенной прочностью позволяет уменьшить удельную металлоемкость сооружений за счет уменьшения толщины стенки, но это также приводит к росту уровня напряжений в стенке и, как следствие, повышению риска разрушений из-за увеличения энергии упругой деформации в стенке. Кроме того, ухудшаются условия сборки труб при монтаже трубопровода и снижается свариваемость кольцевых стыков, особенно при низких температурах. В результате, аварии на газопроводах из высокопрочных сталей стали происходить чаще. Статистические данные по авариям газопроводов показывают увеличение числа разрушений по сравнению с газопроводами, изготовленными из сталей с более низкой прочностью.

Именно поэтому в настоящее время проектируются и строятся магистральные газопроводы, изготовленные преимущественно из сталей с классом прочности не выше К60.

Нормативные акты, определяющие расчет на прочность и требования к надежности и безопасности функционирования трубопроводных систем, основаны на необоснованных подходах. В расчетах используются коэффициенты надежности и безопасности материалов и конструктивных решений, но они обычно приводят к увеличению толщины стенки трубы, не способствуя улучшению ее сопротивляемости к хрупкому коррозионно-механическому разрушению. Из-за этого не гарантируется безаварийная работа магистралей. Недостатки текущих методов можно увидеть, например, в различном поведении нефтепроводов и газопроводов при разрушении. Разрушение в нефтепроводах, как правило, происходит на коротких участках, не более 5-10 метров, в то время как в газопроводах трещина может распространяться на десятки, сотни метров, а иногда даже на более чем 10 километров.

При сооружении магистрального газопровода применяют подземную, полуподземную, наземную и надземную схемы укладки (рисунок 1.1).



а – подземная, б – полуподземная, в – надземная обваленная, г – надземная на опорах

Рисунок 1.1 – Схема укладки трубопровода [3]

Практически всю линейную часть сооружения укладывают в землю с помощью подземной схемы (98% от общего объема) [3]. При этом верхняя часть трубы находится на глубине ниже поверхности земли.

Подземную схему укладки можно использовать в любой части страны, но на некоторых участках она не является экономически целесообразной, таких как многолетние мерзлые грунты, горные выработки, активные оползни, реки с размываемыми руслами и т.д.

При использовании полуподземной схемы укладки нижняя часть трубы находится на глубине ниже поверхности земли, а верхняя часть находится выше.

Наземная схема укладки предусматривает, что нижняя часть трубы расположена на уровне поверхности земли или выше, на грунтовой подушке. При использовании этой схемы газопровод обваливается при помощи природного или местного грунта.

При использовании надземной схемы укладки газопровод устанавливается на специальные опоры (бетонные или металлические).

Применение полуподземной и наземной схем укладки ограничено по сравнению с подземной. В густонаселенных районах и на сельскохозяйственных угодьях использование этих схем укладки

нецелесообразно. Однако, наземная и полуподземная схемы укладки могут быть применены в заболоченных и сильно обводненных районах. Использование надземной схемы укладки позволяет избежать необходимости проведения дорогостоящей балластировки труб.

В зависимости от схемы прокладки газопроводы могут эксплуатироваться при разных температурах, от  $40^{\circ}\text{C}$  до минус  $60^{\circ}\text{C}$  (климатических температур). Для газопроводов, уложенных под землей, колебания температуры незначительны и составляют примерно  $10^{\circ}\text{C}$ , но разница между температурой засыпки и рабочей на отдельных участках трубопровода может достигать  $60^{\circ}\text{C}$ . При анализе работы газопровода необходимо учитывать эти факты.

Газопроводы эксплуатируются более 30 лет, при этом металл труб находится в условиях двухосного напряженного состояния и подвергается воздействию малоцикловых нагрузок с различной величиной перепада [4]. В этих условиях пластические и вязкостные свойства металла и сварного соединения могут снижаться.

Магистральные газопроводы содержат большое количество упругой энергии сжатого газа, что может привести к протяженным разрушениям.

Почти все трубопроводы имеют овальную форму, и уже при небольших давлениях возникают зоны, где напряжения достигают предела текучести. Кроме того, сварные трубы часто содержат остаточные напряжения, которые в упругой зоне взаимодействуют с рабочими напряжениями, достигая состояния текучести трубы при малых нагрузках. В результате этого метод расчета текучести приводит к конфликту с практическим опытом, где трубопроводы могут безаварийно работать в течение многих лет.

Газопроводы работают в условиях сложного напряженно-деформированного состояния, где отношение главных напряжений и температур может значительно изменяться. Обычно напряженно-деформированное состояние труб соответствует плоской деформации, где

осевая деформация равна нулю. При длительной эксплуатации материал трубопроводов может снижать свои пластические и вязкостные свойства в результате деформационного старения, что ведет к снижению его сопротивляемости разрушению.

Газопроводы продолжают работать, даже если возникают локальные пластические деформации, но прекращают эксплуатацию при обнаружении критических дефектов, нарушении герметичности или авариях, когда объект выходит из рабочего состояния.

Для изготовления сварных труб, используемых в газопроводах, применяется листовая или рулонная углеродистая или низколегированная сталь с прочностью от К30 до К70, диаметром от 8 до 1420 мм и толщиной стенки от 0,8 до 32 мм [5]. Сварные трубы бывают прямошовными с одним или двумя продольными швами и спиральношовными, в зависимости от конструктивного исполнения.

Прямошовные трубы изготавливаются из листовой стали, которая проходит через холодную формовку на прессах с последующей сваркой и калибровкой, чтобы соответствовать геометрическим параметрам. Трубы диаметром от 530 до 820 мм сваривают с одним продольным швом, а трубы больших диаметров - обычно с двумя продольными швами. Усиление наружного и внутреннего швов не удаляется.

Трубы большого диаметра с спиральным швом изготавливают из рулонной горячекатаной ленты или листовой стали, и сваривают их двухсторонним швом. После сварки трубы могут быть термообработаны, что позволяет производить трубы различных диаметров из одной заготовки. Сварной шов расположен под углом к направлению окружных напряжений, что создает более благоприятные условия для работы шва, чем в прямошовных трубах. В отличие от прямошовных труб, эти трубы не подвергаются экспонированию, что способствует сохранению их механических свойств.



## 1.2 Особенности разрушения нефтегазопроводов

Статистические данные по разрушениям магистральных трубопроводах опубликованы в различных источниках [3, 6-8].

Путем анализа данных о разрушениях различных конструкций можно раскрыть физические процессы и причины аварий трубопроводов. Однако, статистические данные о причинах аварий трубопроводов имеют ограниченную классификацию, так как обычно учитываются только причины, которые имеют явные признаки на трубопроводе, такие как трещины, расслоение, коррозия, механические повреждения и т.д. Отсутствует классификация разрушений трубопроводов по их физической природе.

Разрушения трубопроводов по причине происхождения можно разделить на две группы, хотя по описанию процесса разрушения они идентичны.

На стадии строительства и ввода трубопроводов в эксплуатацию проводятся испытания на герметичность и прочность. В результате гидравлических или пневматических испытаний отбраковываются трубы с дефектами и отдельные узлы трубопровода.

Допустимость эксплуатации поврежденных участков, таких как коррозия, стресс-коррозия, вмятин, гофр и т.д., проводится путем соответствующей оценки. Однако нормативные документы, устанавливающие требования к параметрам повреждений, часто являются чрезмерно жесткими. С начала 1980-х годов и до середины 1990-х годов серьезные проблемы в принятии решений были частично обусловлены отсутствием достаточной базы для создания нормативных документов, основанных на комплексе теоретических и экспериментальных исследований. Однако с течением времени накопилась обширная информационно-статистическая выборка, позволяющая более обоснованно классифицировать дефекты по степени опасности и их влиянию на

эксплуатационную надежность и безопасность газотранспортной системы. Глубокий экономический кризис последнего десятилетия привел к необходимости разработки новых требований к методологии оптимизации сроков вывода газопроводов на ремонт и к реальной оценке опасности дефектов.

Разрушение в трубопроводах может произойти на концевых участках, на местах соединения, в зонах монтажных швов, и пересечениях монтажных и заводских швов. Как правило, разрушение начинается с появления дефектов, которые вызывают локальное деформирование стенки трубы и возникновение трещин. Иногда в очаге разрушения отсутствуют видимые дефекты. В таком случае, как на рисунке 1.2, разрушение может произойти в сварном продольном шве без видимых дефектов.

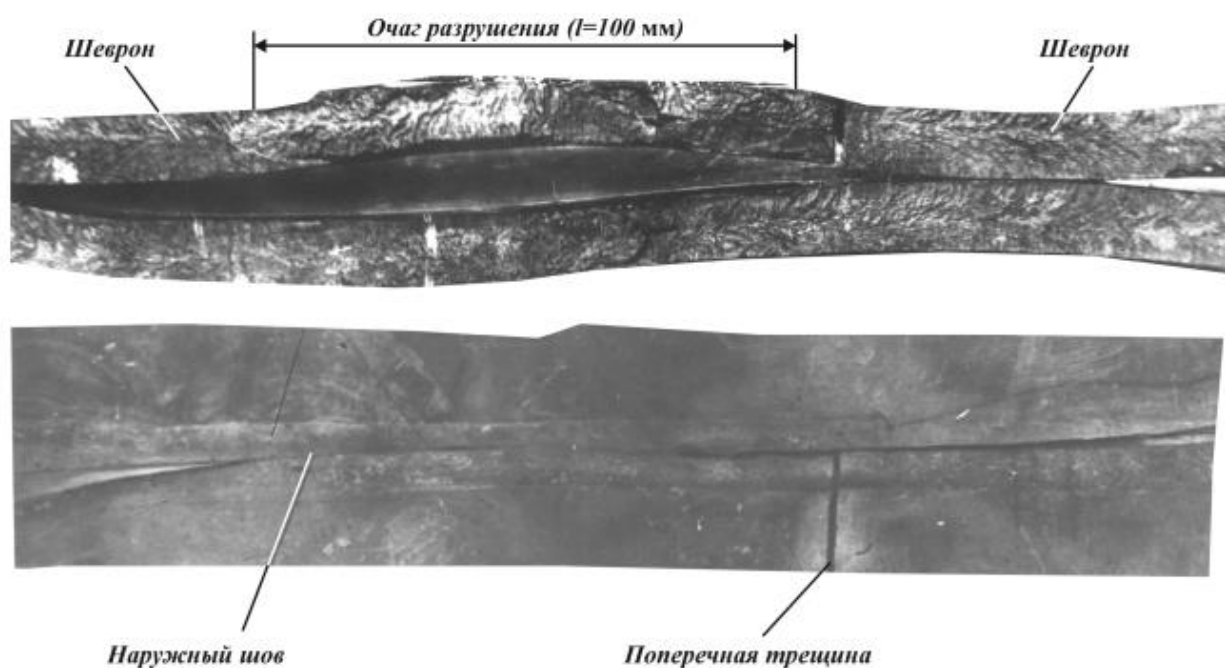


Рисунок 1.2 – Разрушение в сварном шве магистрального газопровода [9]

### 1.2.1 Влияние срока эксплуатации

Определить объем разрушений можно проанализировав спектр частот аварий на линейных частях магистральных газопроводов (ЛЧМГ) в зависимости от их срока эксплуатации. Как показано на рисунке 1.3,

наибольшее количество аварий (46) произошло при сроке эксплуатации от 10 до 15 лет, что составляет 32% от общего количества аварий.

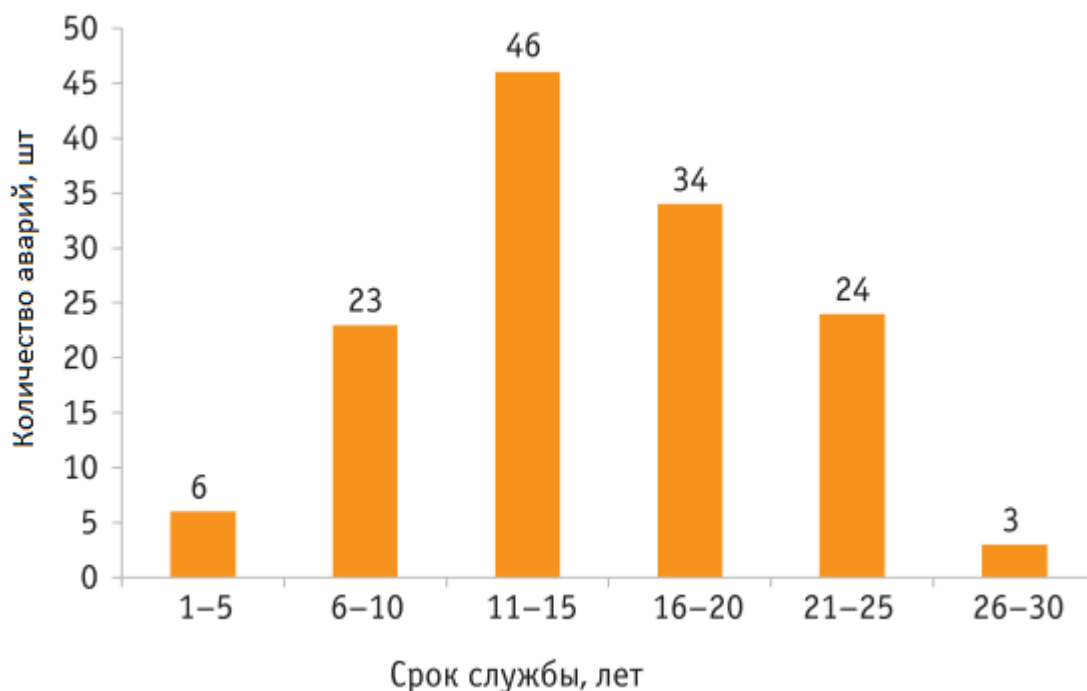


Рисунок 1.3 – График распределения аварий газопроводов в зависимости от срока службы [10]

Если рассмотреть количество аварий на газопроводах с разными сроками эксплуатации от 1 до 30 лет по северному, центральному и южному коридорам, то станет ясно, что максимальное количество аварий (74) произошло на северном коридоре, что составляет 52% от общего числа аварий. Максимальное количество аварий в этом коридоре было зафиксировано при сроках эксплуатации в диапазоне 21-25 лет (29 аварий), что составляет 39% от общего числа аварий в данном коридоре. В центральном коридоре было 50 аварий, что составляет 35% от общего числа аварий, а максимум аварий в этом коридоре (44%) приходится на интервал эксплуатации от 16 до 20 лет. На южном коридоре было 17 аварий, что составляет 17% от общего числа аварий. Распределение количества аварий по коридорам в зависимости от сроков эксплуатации газопроводов представлено на рисунке 1.4.

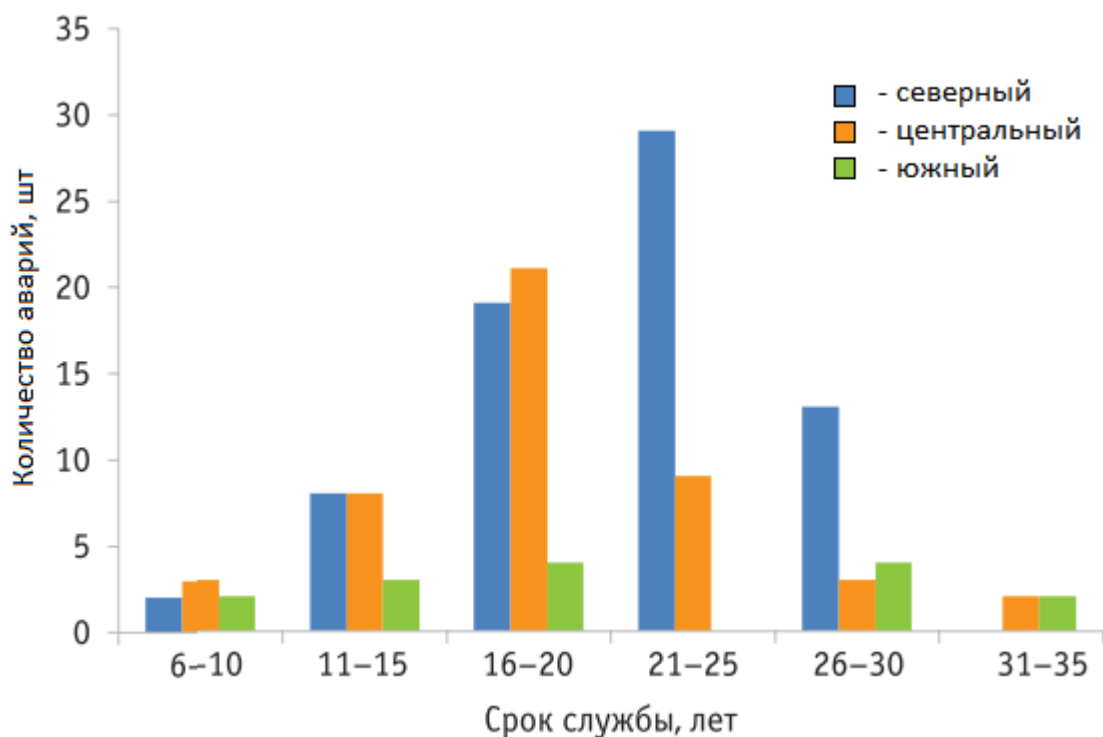


Рисунок 1.4 – График распределения аварий газопроводов в зависимости от срока службы [10]

### 1.2.2 Влияние типоразмера дефектов

При планировании экспериментальных работ на трубах с дефектами одной из задач является определение формы и размеров искусственных дефектов. В этих целях была проведена обработка статистического материала по типоразмерам дефектов, приведших к авариям и отказам. В работе [10] оценивались две группы повреждений: коррозионные, в т. ч. язвы, каверны, скопления одиночных и групповых коррозионных повреждений; и механические (трещины, царапины и риски). Отличительной особенностью исследований в данной теме является корреляция данных, полученных с магистральных трубопроводов с формульным описанием и получение зависимостей для дефектов. Такие данные позволяют корректировать требования к неразрушающему контролю трубопроводов и описывать нормы по длительности его эксплуатации.

### **1.3 Комплекс автоматизированного неразрушающего контроля «Унискан МТ»**

Неразрушающий контроль качества сварных соединений с помощью физических методов имеет одну общую особенность: они косвенные и регистрируют параметры физических полей, взаимодействующих с дефектами, для определения их размера и положения [8]. Выявляемость дефекта зависит от его ориентации, вида и применяемого метода контроля. Однако, использование нескольких методов контроля совместно позволяет существенно повысить выявляемость дефектов.

Дополнительным преимуществом является подход, при котором результаты контроля, полученные разными физическими методами, рассматриваются вместе с учетом возможностей и ограничений каждого метода. Нормы для оценки качества сварных соединений с использованием такого подхода учитывают возможности конкретных методов контроля и предполагают, что метод, наиболее информативный и точный в данном случае, имеет преимущество в отбраковке. Этот подход позволяет не только снизить количество бракованных соединений, но и более точно определить характер и вид дефекта, а также оценить степень его опасности.

Для контроля качества кольцевых сварных соединений трубопроводов большого диаметра, обычно применяется визуально-измерительный контроль (ВИК) на первом этапе. Если стык соединения считается годным по результатам ВИК, то следует радиографический контроль (РК) на пленку и/или ультразвуковой контроль (УЗК), который может быть механизированным, автоматизированным или ручным. Однако, при использовании рентгеновской пленки, съемка стыка и получение готового изображения находятся в разных временных и пространственных интервалах. Это означает, что специалист, проводящий расшифровку радиографического изображения, не имеет непосредственного доступа к сварному соединению и не может произвести дополнительный визуальный осмотр для уточнения

результатов РК. В связи с этим, требуется объединить данные, полученные разными методами контроля, в единый формат, чтобы сопоставить их и принять взвешенное решение о годности сварного соединения.

В то время как автоматизированные цифровые системы ультразвуковой диагностики используются для сварных соединений магистральных газопроводов уже достаточно давно, радиографический и визуально-измерительный контроль до сих пор проводятся в трассовых условиях с использованием методов, которые не позволяют обрабатывать, хранить и представлять данные в цифровом формате. Однако современные методы диагностики значительно совершенствуются. В частности, существенный прогресс в развитии цифровой радиографии позволяет полностью вытеснить пленочную радиографию в медицине с помощью плоскпанельных цифровых рентгеновских детекторов. Промышленное использование цифровых детекторов до недавнего времени было ограничено заводскими поточными линиями. Но, например, радиографический контроль продольного сварного шва уже несколько лет выполняется только с помощью методов прямой цифровой радиографии.

В России было создано удобное устройство, которое позволяет специалистам при контроле магистральных газопроводов в трассовых условиях использовать преимущества прямой цифровой радиографии. Таким образом, могут быть получены мгновенные результаты, высококачественные радиографические изображения, а также сокращены дозы излучения и время контроля. Благодаря использованию современного программного обеспечения и монитора компьютера, расшифровка радиографического изображения становится более простой и удобной для оператора, что позволяет более эффективно находить и описывать дефекты, а также проводить процедуры измерения их размеров.

Предложенная конструкция комплекса «УНИСКАН МТ» использует проверенную временем механику отечественной сварочной системы завода «Технотрон» с рядом решений, значительно упрощающих процесс съемки,

хранения и передачи данных, делающих работу цифрового детектора независимой от внешних условий и навыков оператора.

На трассе внедрены конструкции, позволяющие проводить контроль по схемам как через одну, так и через две стенки. Практика показала, что цифровая радиография по схеме через две стенки приносит пользователю, помимо уже упомянутых преимуществ, возможность сокращения времени контроля до нескольких раз.

Простота и надежность механической платформы комплекса «УНИСКАН МТ» позволяют использовать ее для установки на кольцевое сварное соединение элементов, обеспечивающих другие методы контроля, – ВИК и УЗК (рисунок 1.7). В основе модуля автоматизированного визуальноизмерительного контроля (АВИК) «ВИЗИО МТ» использован 2D-лазерный сканер триангуляционного типа. Подобные устройства обеспечивают контроль размеров и формы промышленных деталей и изделий во многих отраслях, в том числе и для контроля размера и формы сварных соединений.



Рисунок 1.7 – Комплекс цифровой радиографии «УНИСКАН МТ»

Конструкция работающих на трассе систем УЗК также позволяет установить их на направляющий пояс, обеспечив плавное и аккуратное движение системы точно вдоль сварного соединения (рисунок 1.8).



Рисунок 1.8 – Модуль автоматизированного УЗК, установленный на каретку комплекса «УНИСКАН МТ»

Система для автоматизированного УЗК с применением современных методов, таких как дифракционно-временной (TOFD), метод фазированных решеток (РА), эхо-импульсный (UT), позволяет проводить 100%-ный контроль за один проход с записью результатов с последующим анализом и формированием заключения о качестве сварного соединения. Основной метод контроля – дифракционно-временной, ввиду его высокой достоверности и выявления различно ориентированных дефектов.

Метод фазированных решеток и контроль головными волнами (UT) используются дополнительно, что позволяет получить максимально достоверный контроль.

#### **1.4 Сварка плавящимся электродом в среде защитных газов с управляемым каплепереносом**

Сварка плавящимся электродом в защитных газах зависит от различных характеристик, включая тип каплепереноса металла электрода. В работах [9,10] описаны типы переноса металла и силы, действующие на



металл электрода в дуге. Каждый тип переноса металла имеет свои преимущества и недостатки. Существуют разные методы для получения капель заданной массы, и одним из перспективных направлений в управлении каплепереносом является использование импульсных воздействий.

В настоящее время разработаны три системы управления каплепереносом:

- электрические системы, которые воздействуют на процесс с помощью импульсов тока от специальных источников (импульсно-дуговой процесс);

- механические системы, осуществляемые через подающие механизмы с импульсной подачей электродной проволоки;

- комбинированные системы, которые сочетают воздействие электрических и механических систем.

Наиболее полно изучено и реализовано первое направление – электрические системы, с использованием различных импульсных источников питания сварочной дуги [11]. Разнообразие способов реализации этого направления позволяет создавать практически любые алгоритмы изменения энергетических характеристик сварочной дуги. Кроме того, обратная связь в таких устройствах позволяет создавать адаптивные системы управления.

Однако недостатками таких устройств являются сложность схемотехнических решений и, следовательно, их более высокая стоимость. Также возникают сложности и иногда невозможность работы в условиях сильных электромагнитных помех.

Вторая группа, механические системы, представляет устройства, которые оказывают воздействие на систему подачи присадочного материала, согласно классификации (рисунок 1.9).

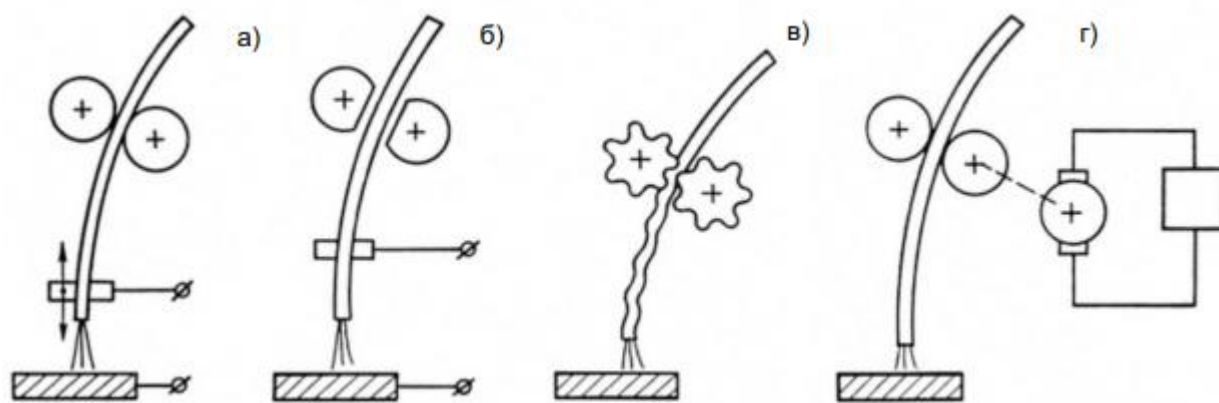


Рисунок 1.9 – Устройства, воздействующие на систему подачи присадочного материала [11]

На рисунке 1.9 показаны различные механизмы, которые воздействуют на систему подачи присадочного материала. Это включает механизмы с изменяемым местом токоподвода (рисунок 1.9, а), механизмы с некруглыми формами (рисунок 1.9, б) и специальными спрофилированными роликами (рисунок 1.9, в), а также механизмы с изменяемой скоростью вращения двигателя подачи электродной проволоки (рисунок 1.9, г). Эти механизмы способствуют повышению стабильности процесса сварки и улучшают формирование сварного шва.

Однако у этих механизмов есть некоторые общие недостатки. Во-первых, они работают в узком частотном диапазоне. Во-вторых, они могут быть сложными в использовании, и иногда невозможно корректировать режимы в процессе сварки. Однако, с другой стороны, подобные устройства являются наименее требовательными к используемому источнику питания и типу тока. Это означает, что такие методы можно использовать с серийными источниками питания.

При сварке стационарной дугой характер переноса металла в основном определяется силой тока и напряжением дуги, которые также влияют на размеры сварного шва. Однако при сварке нестационарной дугой есть возможность независимо от силы тока и напряжения управлять видом переноса электродного металла. Это расширяет диапазон режимов и

технологические возможности сварки с использованием плавящегося электрода в защитных газах.

При сварке с использованием проволоки диаметром от 0,8 до 1,4 мм в среде защитного газа был достигнут контролируемый перенос капель в сварочную ванну путем проведения короткой дуги с принудительными короткими замыканиями. Для этого использовалось постепенное увеличение силы тока короткого замыкания со специфической скоростью (рисунок 1.10). Перенос капли в ванну осуществлялся благодаря электродинамическим силам, которые определялись программой нарастания силы тока короткого замыкания и силой взрыва шейки между каплей и электродом.

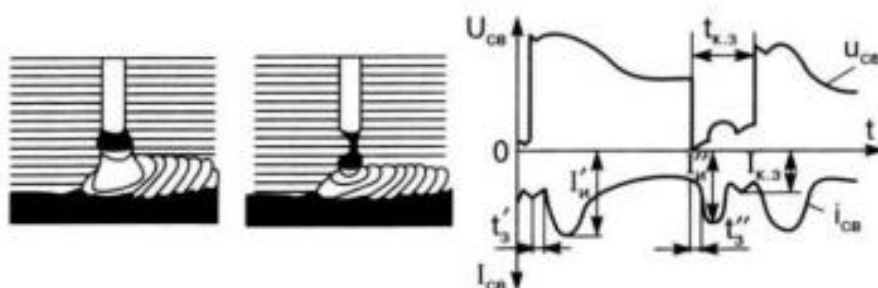


Рисунок 1.10 – Управляемый каплеперенос под действием импульса тока короткого замыкания при сварке с принудительным коротким замыканием [11]

Переход капель в ванну затруднялся поверхностным натяжением. При низкой скорости нарастания силы тока короткого замыкания перенос капли в ванну достигался за счет воздействия импульса тока во время короткого замыкания. Это позволило снизить максимальное значение силы тока короткого замыкания, силу взрыва шейки и разбрызгивание металла. Однако слишком большой ток в начале короткого замыкания создавал препятствия для слияния капли с ванной и мог привести к перегоранию шейки между каплей и ванной.

В ходе литературного обзора были проанализированы данные проблемы изготовления и эксплуатации магистрального трубопровода, а также причины и частота разрушений в последнее время. Исходя из

статистических данных, можно отметить, что неразрушающие методы контроля позволяют исключить дефекты производства и их последствия в виде разрушений. Обзор современного состояния неразрушающего контроля для трубопровода показал совершенствование методов за последние годы, а использование автоматизированных комплексов – удобство использования на производстве. Рассмотренный комплекс «УНИСКАН-МТ», зарекомендовавший себя, подходит по всем параметрам для разрабатываемой конструкции и может быть использован в работе.

Исходя из соображений повышения эксплуатационной надежности магистрального трубопровода за счет повышения пластических свойств корневого шва корневого слоя, при разработке технологии изготовления проектируемого изделия будем использовать механизированные способы сварки в среде защитных газов: с управляемым каплепереносом для корневого слоя и порошковой проволокой для заполняющих слоёв.

## **2 ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ**

### **2.1 Описание сварной конструкции**

Объектом разработки является участок сборки и сварки магистрального газопровода труб диаметром 1020 мм. Данное изделие представляет собой часть магистрального газопровода, а именно - стыковое соединение труб диаметром 1020 мм и толщиной стенки 16 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: 24000x1020x1020 мм. Масса: 9603 кг.

### **2.2 Требования НД, предъявляемые к конструкции**

#### **2.2.1 Требования к подготовительным операциям**

Сборку соединений труб с диаметром 400 мм и более, одной номинальной толщины стенки следует выполнять с применением внутренних гидравлических или пневматических центраторов [12].

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 16,0 мм и более не должно превышать 3,0 мм;

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.

Внутреннюю и наружную поверхности концов труб, свободных от изоляции, необходимо очистить от земли и других загрязнений.

Подготовку кромок можно разделить на несколько этапов, при необходимости допускается ремонт некоторых дефектов.

В первую очередь необходимо осмотреть поверхность и кромки труб; при необходимости устранить шлифованием на наружной поверхности неизолированных торцов труб царапины, риски, задиры глубиной до 5 % от нормативной толщины стенки, но не более минусового допуска на толщину стенки по ТУ или ГОСТ.

Забоины и задиры фасок глубиной до 5 мм допускается ремонтировать электродами с основным видом покрытия типа Э60 диаметром 3,0-3,2 мм с предварительным подогревом до  $100^{+30}$  °С. После ремонта необходимо зачистить отремонтированные поверхности кромок труб шлифованием, при этом должна быть восстановлена заводская разделка кромок, а толщина стенки трубы не должна быть выведена за пределы минусового допуска по нормативному документу.

Вмятины на концах труб глубиной до 35,7 мм (для трубы диаметром 1020 мм) допускается выправить безударным разжимным устройством с обязательным местным подогревом изнутри трубы до 100-150 °С независимо от температуры окружающего воздуха. В случае повреждения изоляционного покрытия оно должно быть отремонтировано.

Концы труб с забоинами и задирами фасок более 5 мм или вмятинами более 35,7 мм следует обрезать, а образовавшуюся кромку обработать станком типа СПК или шлифмашинкой с восстановлением заводской формы разделки кромок.

При отсутствии дефектов на кромках необходимо зачистить до чистого металла прилегающие к кромкам внутреннюю и наружную поверхности трубы на ширину не менее 15 мм. Усиление заводских продольных швов

удалить снаружи трубы до величины 0-0,5 мм на участке шириной 10-15 мм от торца трубы.

Смещение кромок должно быть равномерно распределено по периметру стыкового соединения. Максимальная величина распределенного смещения не должна превышать 2 мм (либо 20 % от нормативной толщины стенки).

Собрать соединение с зазором 2,5-3,5 мм для механизированной односторонней сварки проволокой сплошного сечения методом УКП корневого слоя шва.

При сборке прихватки стыкового соединения выполнить механизированной сваркой «на спуск» прихватки проволокой сплошного сечения в углекислом газе. Количество прихваток должно быть не менее четырёх, длиной каждой 100-200 мм. Прихватки следует выполнять сварочными материалами, рекомендованными для сварки корневого слоя шва и располагать на расстоянии не менее 100 мм от заводских швов свариваемых элементов.

После выставления труб необходимо снять наружный центратор, зачистить прихватки и обработать шлифовальным кругом начальный и конечный участок каждой из них.

### **2.2.2 Требования к сварке**

Сварка газопроводов должна выполняться одним или несколькими способами по технологиям [13]:

- 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.).

Все способы сварки регламентируются нормативной документацией. Для сварки магистральных трубопроводов существуют различные способы сварки и их комбинации, однако наиболее производительная, сравнительно удобная в эксплуатации оборудования и обеспечивающая максимальную прочность шва является комбинированная сварка управляемого каплепереноса самозащитной проволокой для корневого слоя и сплошной проволокой в среде защитных газов для заполняющих и облицовочного.

Управляемый каплеперенос металла в процессе сварки позволяет повысить упругие и пластичные свойства металла шва, что в свою очередь обеспечивает надежность при повышенных или знакопеременных нагрузках.

Преимущества УКП описаны в литературном обзоре, также как и методы его реализации. В настоящее время регламентируются зарубежные технологии, оборудование и материалы STT, однако использование российского оборудование может в разы уменьшить затраты на производство магистральных трубопроводов.

Исходя из обзора литературы (п.1.4) был выбран способ МП+МПС, удовлетворяющий требованиям нормативной документации.

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 [14].

Таблица 2.1 – Требования к техническим характеристикам сварочных агрегатов для механизированной сварки проволокой сплошного сечения в углекислом газе и самозащитной порошковой проволокой [14]

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), данная проволока допускается при использовании оборудования производства НПП «ТехноТрон».

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

Для труб с толщиной стенки свыше 13,0 мм следует применять зауженные сопла горелки 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 [15].

### **2.2.3 Сварка корневого слоя**

Механизированная импульсно-дуговая сварка методом управляемого каплепереноса 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 для оборудования производства НПП «Технотрон», проволокой Super arc L-56 Ø 1,14 мм:

- 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 в таблице 10 [15] и составляет 2,5-3,5 мм. 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.

Последовательность действий при выполнении корневого слоя шва:

- выполнить сварку корневого слоя шва проволокой сплошного сечения в углекислом газе «на спуск»;
- тщательно зашлифовать абразивным кругом корневой слой шва;
- осуществить визуальный контроль корневого слоя шва изнутри трубы.

При необходимости выполнить подварку изнутри трубы электродами с основным видом покрытия участков, имеющих непровары, несплавления и смещения кромок более 3 мм. Подварочный слой должен иметь ширину 8-10 мм и усиление 1-3 мм;

#### **2.2.4 Сварка заполняющих и корректирующих швов**

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, регламентируются производителем оборудования НПП «Технотрон» [15].

Для сварки заполняющих и облицовочного слоев шва соединений труб с классом прочности до K54 включительно используют проволоку Innershield NR-207 диаметром 1,7 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 1,7 мм приведены в таблице 2.2 [15].

Таблица 2.2 – Рекомендуемые режимы механизированной сварки самозащитной порошковой проволокой марки «Innershield» диаметром 1,7 мм [15]

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 проволоки 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 2.1:

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

- в положении  $0^{\text{00}}$ ,  $3^{\text{00}}$  ч угол постепенно увеличивается до величины в интервале от  $45^{\circ}$  до  $60^{\circ}$  (углом назад);

- в положении  $3^{\text{00}}$ ,  $5^{\text{00}}$  ч угол постепенно доводится до  $0^{\circ}$  (перпендикулярно телу трубы в точке касания);

- в положении  $5^{\text{00}}$ ,  $6^{\text{00}}$  ч угол доводится до величины в интервале от  $10^{\circ}$  до  $15^{\circ}$  (углом вперед).

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  $+50^{\circ}\text{C}$  и не более  $+200^{\circ}\text{C}$ . Если температура участка шва,

подлежащего сварке, упала ниже  $+50\text{ }^{\circ}\text{C}$ , 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  $1^{30}, 4^{30}$  и  $9^{30}, 7^{30}$  (ориентировочно) выполняется дополнительный (корректирующий) слой. Ориентировочное количество слоев в зависимости от толщины стенки трубы приведено в таблицах 2.3 [15].

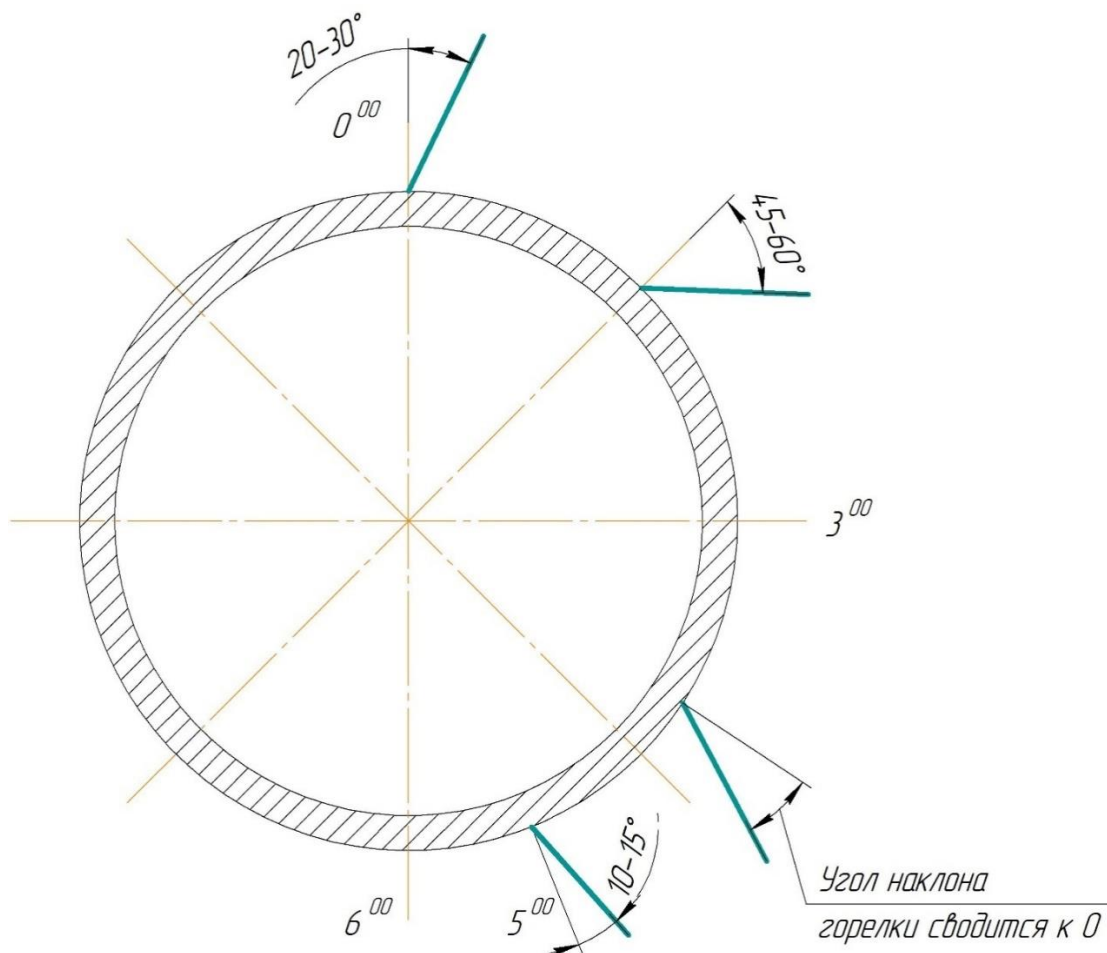


Рисунок 2.1 – Изменение угла наклона сварочной горелки при механизированной сварке самозащитной порошковой проволокой неповоротных кольцевых стыковых соединений труб



Таблица 2.3 - Ориентировочное количество заполняющих и облицовочных слоев шва при механизированной сварке самозащитной порошковой проволокой диаметром 1,7 мм [15]

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.

Последовательность действий при выполнении заполняющих слоев шва:

- выполнить сварку порошковой проволокой в среде защитных газов «горячего прохода» первого и последующих заполняющих слоев шва;

- место начала и окончания процесса сварки каждого слоя (замок шва) должно располагаться на расстоянии не менее 30 мм от замков предыдущего слоя шва, место окончания сварки – не менее 70 мм;

- по завершении каждого прохода производить послойную 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;

- перед наложением облицовочного слоя выполнить сварку порошковой проволокой в среде защитных газов корректирующего слоя в положениях 2 ч и 4 ч (ориентировочно). Расположение корректирующего слоя зависит от толщины стенки труб и особенности заполнения разделки каждым сварщиком;

- выполнить сварку порошковой проволокой в защитных газах облицовочного слоя шва;

– выровнять шлифкругом видимые грубые участки поверхности облицовочного слоя шва. Зачистить прилегающую поверхность трубы от шлака и брызг.

### **2.3 Требования к предварительному и сопутствующему подогреву**

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 подогрева установками индукционного нагрева, в случаях прекращения энергообеспечения или при выходе из строя установки нагрева, допускается выполнять нагрев газопламенными нагревательными устройствами (кольцевыми газовыми подогревателями, одноплемнными 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 подогрева свариваемых кромок труб перед выполнением прихваток, первого (корневого) слоя шва должна соответствовать требованиям [15].

Процесс подогрева кромок свариваемых соединений установками индукционного нагрева должен контролироваться в автоматическом режиме, при этом контроль температуры подогрева должен выполняться в местах, равномерно расположенных по периметру, с применением термопар и записью температуры подогрева 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 [15].

Эквивалент углерода определяется по формуле [5]:

$$C_3 = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr + Mo + V + Ti + Nb}{5} + \frac{Cu + Ni}{15} + B, \quad (2.1)$$

где С, Мп, Сr, Мо, V, Тi, Nb, Сu, Ni, В – процент содержания элементов в стали.

$$C_3 = 0,12 + \frac{1,7}{6} + \frac{0,3 + 0,09 + 0,03}{5} + \frac{0,3 + 0,3}{15} = 0,527 \%$$

Согласно таблице 10.3 [15] назначаем температуру предварительного подогрева  $100^{+30}$  °С.

Осуществить предварительный подогрев до температуры, указанной в разделе «Предварительный подогрев». В том случае если подогрев не требуется, произвести просушку торцов труб путем нагрева до 20-50 °С при наличии следов влаги или наледи на кромках, либо температуре воздуха ниже +5 °С.

Замер температуры торцов труб осуществлять не менее, чем в четырех точках по периметру стыкового соединения на расстоянии 60-75 мм от торцов труб. Температуру подогрева (сушки) свариваемых кромок нужно контролировать контактными термометрами (например, ТП-1, ТП-2) или термокарандашами. Место замера необходимо предварительно зачистить металлической щеткой.

## **2.4 Требования к контролю**

Неразрушающий контроль проводят с целью обнаружения дефектов в сварных соединениях и своевременного выявления отклонений в технологии сварки при поточном производстве.

Для обнаружения внутренних и поверхностных (снаружи и изнутри трубы) дефектов кольцевого сварного соединения, а также определения размеров внутренних дефектов применяют следующие методы неразрушающего контроля:

– ВИК по СТО 9701105632-003-2021 «Инструкция по визуальному и измерительному контролю», ГОСТ Р ИСО 17637-2014г. «Контроль неразрушающий. Визуальный контроль соединений, выполненных сваркой плавлением». ГОСТ 8.051-81«Государственная система обеспечения единства измерений. Погрешности, допускаемые при измерении линейных размеров до 500 мм»;

– УЗК по ГОСТ Р 55724-2013г. «Контроль неразрушающий. Ультразвуковой контроль»;

– РК по ГОСТ 7512-82 «Контроль неразрушающий. Радиографический метод»;

Согласно СТО, Газпром 2 - 2.4 - 083- 2006г. уровень качества сварного соединения трубопровода - «А».

При проведении работ по контролю качества сварных соединений, находящихся в эксплуатации (диагностических работ) все кольцевые сварные соединения газопровода должны контролироваться визуальным и измерительным методами контроля – в объеме 100 % [15].

Порядок проведения визуального и измерительного контроля, геометрические параметры разделки кромок сварных соединений приведены в разделе 8 настоящего стандарта.

ВИК свариваемых изделий на стадии входного контроля выполняют с целью подтверждения их соответствия требованиям НД, ПТД. Визуальный и измерительный контроль качества сборки, сварки и ремонта выполняют с целью подтверждения соответствия качества выполнения этих операций требованиям НД или ПТД.

ВИК при исправлении (устранении) дефекта выполняют с целью подтверждения полноты удаления дефекта в сварном шве или на основном металле трубы, формы и размеров подготовки кромок под сварку, а также качества сварки дефектного участка, если она предусмотрена требованиями НД или ПТД. В отдельных случаях (в соответствии с ПТД) визуальный контроль выполняют на каждом слое сварного соединения.

ВИК проводят в соответствии с технологической картой контроля, утвержденной руководителем организации.

ВИК должен выполняться до проведения неразрушающего контроля сварного соединения физическими методами. При доступности ВИК основного металла и сварных соединений следует выполнять не только с наружной, но и с внутренней стороны сборочного элемента.

ВИК свариваемых изделий, сварных соединений, и зон ремонта сваркой, подлежащих термической обработке, следует производить как до, так и после указанной обработки.

Дефекты, выявленные при ВИК, должны быть исправлены до выполнения последующей технологической операции, предусмотренной технологической картой. Исправление дефектов в основном металле должно выполняться в соответствии с требованиями НД/ПТД.

Контролируемая зона сварного соединения, должна включать сварной шов, а также примыкающие к нему участки основного металла и составлять не менее 20 мм в обе стороны от шва, но не менее толщины стенки свариваемой детали.

Разрешение на выполнение каждой последующей технологической операции, предусмотренной технологической картой или на проведение неразрушающего контроля физическими методами, выдается специалистом, выполняющим визуальный и измерительный контроль, который делает отметку о приемке предыдущего вида работ в сварочном журнале.

УЗК в соответствии с требованиями раздела 1 подвергают сварные соединения газопроводов, выполненные всеми видами автоматической, полуавтоматической, ручной электродуговой сварки плавлением и газокислородной сваркой.

УЗК проводят после проведения визуального и измерительного контроля. УЗК сварных соединений выполняют в соответствии с требованиями ГОСТ Р 55724-2013г., положениями настоящего раздела и разработанной технологической картой контроля. Настоящий раздел регламентирует применение оборудования для ручного ультразвукового контроля, устанавливает нормы оценки качества и основные требования к проведению ультразвукового контроля сварных соединений газопроводов при строительстве, реконструкции, эксплуатации и после ремонта. Порядок устанавливает требования к автоматизированному (механизированному) контролю.

Порядок предусматривает применение оборудования для ручного УЗК с использованием дефектоскопов с регистрацией и документированием результатов контроля.

Порядок предусматривает проведение УЗК эхометодом совмещенными наклонными, прямыми (совмещенными или отдельно совмещенными) ПЭП контактным способом.

Применение специализированных ПЭП при УЗК сварных соединений осуществляют по соответствующим методикам контроля, согласованным в установленном порядке. Допускается применение АУЗК с автоматической фиксацией и расшифровкой результатов контроля. Аппаратура АУЗК сварных соединений должна предусматривать получение ультразвукограмм, адекватных по информативности рентгенограммам и должна, как минимум, обеспечивать:

- обнаружение и фиксацию несоответствующих нормам дефектов согласно настоящему стандарту;
- оценку формы дефекта (объемный, плоскостной, дефект промежуточной формы);
- определение и фиксацию координат или зон расположения обнаруженных дефектов;
- слежение за наличием акустического контакта между применяемым акустическим преобразователем (акустической системой) и контролируемым изделием, фиксацию участков сканирования с отсутствием акустического контакта;
- отображение на ультразвукограмме;
- формы (характера) координат или зон расположения дефектов, их условных, эквивалентных или реальных размеров, представление обнаруженных дефектов в плане сварного шва (развертка типа «С») и/или в продольном сечении сварного шва (развертка типа «D»), дополнительно в отдельных поперечных сечениях сварного шва (развертка типа «B»);



– значений основных параметров аппаратуры и контроля, реализованных при АУЗК;

– основных параметров объекта контроля;

– самоконтроль работоспособности аппаратуры. Применение систем АУЗК сварных соединений газопроводов осуществляют по специальным методикам, согласованным в установленном порядке для каждого вида автоматизированных (механизированных) систем. При проведении контроля автоматизированными (механизированными) системами допустимость дефектов определяют по результатам автоматизированного (механизированного) контроля по соответствующим методикам, согласованным в установленном порядке.

РК в соответствии с требованиями раздела 6 [15] подвергают сварные соединения газопроводов, выполненные всеми видами автоматической, полуавтоматической и ручной электродуговой сваркой плавлением. РК проводят в соответствии с технологической картой контроля, утвержденной руководством организации.

Чувствительность РК должна соответствовать II-му классу чувствительности по ГОСТ 7512-82 для сварных соединений уровня качества «А» и III-му классу чувствительности для сварных соединений уровня качества «В», «С».

### 3 РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

#### 3.1 Анализ сварной конструкции

Исходя из описания сварной конструкции (п. 2.1) приведены химический состав, и механические свойства для стали 09Г2С (таблица 3.1 и 3.2).

Таблица 3.1 – Химический состав стали 09Г2С, % [16]

C	Si	Mn	Al	S	P	Cr	V	N	Ni	Cu	As
				Не более							
0,08-0,12	0,4-0,6	1,85-2,1	0,02-0,05	0,035	0,03	0,3	0,12	0,008	0,3	0,3	0,08

Таблица 3.2 – Механические свойства стали 09Г2С по [16]

Нормативный документ	Состояние поставки	Диаметр, мм	$\sigma_T$ , МПа	$\sigma_B$ , МПа	$\delta_5$ , %
14-3-1573-96	Трубы электросварные прямошовные нефтегазопроводные в состоянии поставки	1020	$\geq 345$	$\geq 490$	$\geq 21$

Конструкционные низколегированные стали для подземных магистральных трубопроводов регламентируются нормативным документом ТУ 14-1-1921-76.

Трубопроводы из стали 09Г2С используют с предельным давлением транспортируемой среды до  $75 \text{ кг/см}^2$ , в условиях до  $-40^\circ\text{C}$  без ограничений по сварке. Одним из критериев оценки свариваемости стали является эквивалент углерода. Расчет эквивалента углерода для стали 09Г2С приведен во второй главе.

Эквивалент углерода так же связан с образованием горячих трещин. Так же сказывается толщина свариваемого металла: чем толще металл, тем вероятнее образование трещин.

Для контроля скорости охлаждения, согласно нормативной документации СТО «Газпром», был назначен предварительный подогрев (п.10.3 [5]). Трубы необходимо подогревать в промежутке на

расстоянии 15 мм и более от стыка с равномерным нагревом до температуры 100-130 °С с контролем и поддержанием температуры (в случае если между проходами труба остыла).

### **3.2 Неразрушающий контроль сварных соединений**

Для неразрушающего контроля соединения был выбран комплекс «УНИСКАН МТ», который обеспечивает автоматизированный цифровой ВИК, УЗК и РК.

Основной целью указанного подхода является повышение достоверности контроля, минимизация влияния человеческого фактора на результат контроля, а также формирование цифрового паспорта качества сварного соединения для последующего анализа на этапе эксплуатации магистрального трубопровода в ходе технической диагностики.

Программное обеспечение оборудования позволяет оперативно проводить сбор данных, своевременно обнаруживать и анализировать дефекты сварных швов.

Применение комплекса цифровой радиографии "УНИСКАН МТ-ЦР" приводит к снижению времени и затрат на проведение контроля за счет отсутствия расходных материалов (радиографической пленки, химии и оборудования для проявки и хранения снимков), снижению времени экспозиции и рентгеновского излучения на персонал за счет применения цифровой радиографии, а также увеличению возможностей по контролю результатов за счет создания электронной базы хранения снимков.

Программное обеспечение DISOFT позволяет сшивать отдельные кадры в единое рентгеновское изображение сварного соединения.

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
3-1В81	Прудюс Владислав Дмитриевич

<b>Институт</b>	<b>ИШНКБ</b>	<b>Кафедра</b>	<b>Электронной инженерии</b>
<b>Уровень образования</b>	Бакалавриат	<b>Направление/специальность</b>	15.03.01 «Машиностроение»

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

<i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Стоимость выполняемых работ, материальных ресурсов, согласно применяемой техники и технологии, в соответствии с рыночными ценами.
<i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	- районный коэффициент- 1,3; - премиальный коэффициент – 0.3; - накладные расходы – 16%
<i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	В соответствии с налоговым кодексом Российской Федерации. Отчисления во внебюджетные фонды – 30,2 %

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

<i>Оценка коммерческого потенциала перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	Анализ потенциальных потребителей, анализ конкурентных технических решений, оценка готовности проекта к коммерциализации
<i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	Определение этапов работ; определение трудоемкости работ; разработка графика Ганта; определение затрат на проектирование (смета затрат).
<i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	Расчет интегрального показателя эффективности проекта

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

<i>Оценка конкурентоспособности технических решений Матрица SWOT Альтернативы проведения НИ График проведения и бюджет НИ Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ</i>
---

**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, ШБИП	Рыжакина Т.Г.	К.Э.Н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
3-1В81	Прудюс Владислав Дмитриевич		

## 4 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

В данном разделе необходимо определить экономическую целесообразность сварки трубы диаметром 1020 мм толщиной стенки 16 мм комбинированной сваркой в среде защитных газов и самозащитной порошковой проволокой.

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 1020 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 (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:

$$t_0 = \frac{F_n \cdot \gamma \cdot 60}{I_{св} \cdot \alpha_n}, \quad (4.1)$$

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 (4.1) и получаем для КС:

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

Подставляем значения в формулу (4.1) и получаем для РДС:

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

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  $t_{в.ш.}$ ,  $t_{вмз}$ , а также коэффициента  $k_{об}$  для ручной дуговой получены из (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 $l = \pi \cdot d$	3,2	3,2
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 $l = \pi \cdot d$	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:

$$T_{шт} = [(t_o + t_{ви}) \cdot l + t_{виз}] \cdot K_{об}, \quad (4.2)$$

где  $t_o$  – основное время на сварку одного погонного метра шва, мин/м;



$t_{виз}$  – 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 (4.2) и получаем для РДС:

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

Подставляем значения в формулу (4.2) и получаем для КС:

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

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
$T_{см}$ – продолжительность одной рабочей смены, ч	8	8
$T_{шт}$ – штучное время, мин	180	107

Определение размера партии производится по формуле:

$$n = \frac{T_{см} \cdot 60}{T_{шт}}, \quad (4.3)$$

где  $T_{см}$  – продолжительность одной рабочей смены, ч;

$T_{шт}$  – штучное время, мин.

Подставляем значения в формулу (4.3) и получаем для РДС:

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

Подставляем значения в формулу (4.3) и получаем для КС:

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

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
$t_{нз}$ – 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:

$$T_{шк} = T_{шт} + \frac{t_{н.з.}}{n}, \quad (4.4)$$

где  $T_{шт}$  – штучное время, мин;

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

$n$  – размер партии.

Подставляем значения в формулу (4.4) и получаем для РДС:

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

Подставляем значения в формулу (4.4) и получаем для КС:

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

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
$F_n$ – площадь наплавленного металла, мм <sup>2</sup>	126	126
$L$ – длина шва, м	3,2	3,2
$\gamma$ – плотность наплавленного металла, г/см <sup>3</sup>	7,8	7,8

Определение массы наплавленного металла шва производится по формуле:

$$G_n = F \cdot l \cdot \gamma, \quad (4.5)$$

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

$l$  – длина шва, м;

$\gamma$  – плотность наплавляемого металла.

Подставляем значения в формулу (4.5) и получаем для РДС:

$$G_n = 126 \cdot 3,2 \cdot 7,8 = 3,1 \text{ кг.}$$

Подставляем значения в формулу (4.5) и получаем для КС:

$$G_n = 126 \cdot 3,2 \cdot 7,8 = 3,1 \text{ кг.}$$

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
$C_{cm}$ – цена электродов, руб/кг LB 52U	440	-
OK 53.70	584	-
$C_{cm}$ – цена сварочной проволоки, руб/кг Super Arc	-	420
NR-208S	-	1031

Определение затрат на сварочные материалы производится по формуле:

$$C_{cm} = g_{nm} \cdot k_n \cdot C_{cm}, \quad (4.6)$$

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

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

$C_{cm}$  – цена электродов/ электродной проволоки, руб/кг.

Подставляем значения в формулу (4.6) и получаем для РДС с Р:

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

Подставляем значения в формулу (4.6) и получаем для РДС без Р:

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

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
$C_{газ}$ - цена за единицу газа руб/л	-	0,033

Определение затрат на защитный газ производится по формуле:

$$C_{газ} = g_{газ} \cdot t_0 \cdot l \cdot C_{газ}, \quad (4.7)$$

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

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

$l$  – длина сварного шва, м/издел;

$C_{газ}$  – цена за единицу газа руб/л.

Подставляем значения в формулу (4.7) и получаем для автоматической сварки:

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

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
$t_{шк}$ – штучно-калькуляционное время на выполнение операции, мин/изд	186	113

Определение затрат на заработанную плату рабочих производится по формуле:

$$C_3 = \frac{C_{мз} \cdot t_{шк}}{F_{мп} \cdot 60}, \quad (4.8)$$

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 (4.8) и получаем для РДС:

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

Подставляем значения в формулу (4.8) и получаем для КС:

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

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:

$$C_{отч} = \frac{k_{отч} \cdot C_3}{100} \quad (4.9)$$

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

Сз – Затраты на заработанную плату рабочих.

Подставляем значения в формулу (4.9) и получаем для КС:

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

Подставляем значения в формулу (4.9) и получаем для РДС:

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

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
$t_0$ – 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
– стоимость 1 квт-ч электроэнергии, руб	5,85	5,85

Определение затрат на электроэнергию производится по формуле:

$$C_{эм} = \frac{U \cdot I \cdot t_o \cdot l}{60 \cdot \eta \cdot 1000} \cdot Ц_{эл}, \quad (4.10)$$

где  $U$  – напряжение, В;

$I$  – сила тока, А;

$t_0$  – основное время сварки, мин/м;

$l$  – длина сварного шва, м/изд;

$\eta$  – коэффициент полезного действия источника питания;

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

Подставляем значения в формулу (4.10) и получаем для РДС:

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

Подставляем значения в формулу (4.10) и получаем для КС:

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

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
$C_j$ – цена оборудования соответствующего вида: INVERTEC V350 PRO	730000	-
$C_j$ – цена оборудования соответствующего вида: Инвертор УКП 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
$k_з$ – коэффициент, учитывающий загрузку оборудования	0,8	0,8

Определение затрат на электроэнергию производится по формуле:

$$C_p = \frac{\sum_{j=1}^n C_j \cdot k_{рем} \cdot t_{шк}}{F_{ГО} \cdot k_з \cdot 60}, \quad (4.11)$$

где  $C_j$  – 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;

$k_з$  – коэффициент, учитывающий загрузку оборудования.

Подставляем значения в формулу (4.11) и получаем для РДС:



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

Подставляем значения в формулу (4.11) и получаем для КС:

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

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 4.164 – 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 1020 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 1020 мм толщиной стенки 16 мм между ручной дуговой сваркой и комбинированной сваркой методом УКП и самозащитной порошковой проволокой.

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 %.

**ЗАДАНИЕ К РАЗДЕЛУ  
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Обучающемуся:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
3-1В81	Прудюс Владислав Дмитриевич

<b>Школа</b>	Неразрушающего контроля	<b>Отделение (НОЦ)</b>	ОЭИ
<b>Уровень образования</b>	Бакалавриат	<b>Направление/ООП/ОПОП</b>	15.03.01 «Машиностроение»

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

Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	<p>Объект исследования – технология сборки и сварки магистрального газопровода.</p> <p>Область применения – газовая отрасль.</p> <p>Рабочее место: офис с персональным компьютером.</p> <p>Количество и наименование оборудования рабочей зоны: персональный компьютер, принтер, телефон мобильный.</p>
---	---

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p><b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</li> <li>– организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны</li> </ul>	<p>- ГОСТы, СанПиНы, СНиПы</p>
<p><b>2. Производственная безопасность:</b></p> <p>2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов</p> <p>2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия</p>	<p>Вредные факторы:</p> <p>Недостаточная освещенность;</p> <p>Нарушения микроклимата, оптимальные и допустимые параметры;</p> <p>Шум, ПДУ, СКЗ, СИЗ;</p> <p>Повышенный уровень электромагнитного излучения, ПДУ, СКЗ, СИЗ;</p> <p>Наличие токсикантов, ПДК, класс опасности, СКЗ, СИЗ;</p> <p>Опасные факторы:</p> <p>Электроопасность; класс электроопасности помещения, безопасные номиналы I, U, R<sub>заземления</sub>, СКЗ, СИЗ; Проведен расчет освещения рабочего места; представлен рисунок размещения светильников на потолке с размерами в системе СИ;</p> <p>Пожароопасность, категория пожароопасности помещения, марки огнетушителей, их назначение и ограничение применения; Приведена схема эвакуации.</p> <p>Лазерное излучение, класс опасности,</p>

	ПДУ, СКЗ, СИЗ.
<b>3. Экологическая безопасность:</b>	Наличие промышленных отходов (бумага-черновики, вторцвет и чермет, пластмасса, перегоревшие люминесцентные лампы, оргтехника, обрезки монтажных проводов, бракованная строительная продукция) и способы их утилизации.
<b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b>	Рассмотрены 2 ситуации ЧС: 1) природная – сильные морозы зимой, (аварии на электро-, тепло-коммуникациях, водоканале, транспорте); 2) техногенная – несанкционированное проникновение посторонних на рабочее место (возможны проявления вандализма, диверсии, промышленного шпионажа), представлены мероприятия по обеспечению устойчивой работы производства в том и другом случае.

**Дата выдачи задания к разделу в соответствии с календарным учебным графиком**

**26.02.2023**

**Задание выдал консультант по разделу «Социальная ответственность»:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ООД, ШБИП	Федорчук Ю.М.	д.т.н.		26.02.23

**Задание принял к исполнению обучающийся:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-1В81	Прудюс Владислав Дмитриевич		26.02.23

## **5 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ**

Социальная ответственность – ответственность отдельного ученого и научного сообщества перед обществом. Первостепенное значение при этом имеет безопасность применения технологий, которые создаются на основе достижений науки, предотвращение или минимизация возможных негативных последствий их применения, обеспечение безопасного как для испытуемых, как и для окружающей среды проведения исследований.

Объектом настоящей выпускной квалификационной работы является разработка технологии сборки и сварки двух пластин из сплава ВТ5. Рассматриваемая металлоконструкция представляет собой полый параллелепипед.

Поскольку в настоящей работе рассматривается промышленное производственное здание, то условиями эксплуатации конструкции будет являться окружающая среда внутреннего помещения этого здания. Следовательно, конструкцию можно классифицировать как воспринимающую постоянные и временные нагрузки и воздействия, эксплуатируемую в агрессивной среде отапливаемого помещения.

Все работы выполнялись с использованием компьютера. Раздел также включает в себя оценку условий труда на рабочем месте, анализ вредных и опасных факторов труда, разработку мер защиты от них.

### **5.1 Производственная безопасность**

#### **5.1.1 Вредные факторы.**

##### **Отклонение показателей микроклимата в помещении**

Проанализируем микроклимат в помещении, где находится рабочее место. Микроклимат производственных помещений определяют следующие параметры: температура, относительная влажность, скорость движения воздуха. Эти факторы влияют на организм человека, определяя его самочувствие.

Оптимальные и допустимые значения параметров микроклимата приведены в таблице 5.1 и 5.2

Таблица 5.1 – Оптимальные нормы микроклимата

Период года	Температура воздуха, С°	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	19-23	40-60	0.1
Теплый	23-25		0.2

Таблица 5.2 – Допустимые нормы микроклимата

Период года	Температура воздуха, С°		Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
	Нижняя допустимая граница	Верхняя допустимая граница		
Холодный	15	24	20-80	<0.5
Теплый	22	28	20-80	<0.5

Общая площадь рабочего помещения составляет 42 м<sup>2</sup>, объем составляет 147 м<sup>3</sup>. По СП 2.4.3648-20 санитарные нормы составляют 6,5 м<sup>2</sup> и 20 м<sup>3</sup> объема на одного человека. Исходя из приведенных выше данных, можно сказать, что количество рабочих мест соответствует размерам помещения по санитарным нормам.

После анализа габаритных размеров рассмотрим микроклимат в этой комнате. В качестве параметров микроклимата рассмотрим температуру, влажность воздуха, скорость ветра.

В помещении осуществляется естественная вентиляция посредством наличия легко открываемого оконного проема (форточки), а также дверного проема. По зоне действия такая вентиляция является общеобменной. Основной недостаток - приточный воздух поступает в помещение без предварительной очистки и нагревания. Согласно нормам СП 2.4.3648-20 объем воздуха необходимый на одного человека в помещении без дополнительной вентиляции должен быть более 40 м<sup>3</sup>. В нашем случае объем воздуха на одного человека составляет 42 м<sup>3</sup>, из этого следует, что дополнительная вентиляция не требуется. Параметры микроклимата

поддерживаются в холодное время года за счет систем водяного отопления с нагревом воды до 100°C, а в теплое время года – за счет кондиционирования, с параметрами согласно. Нормируемые параметры микроклимата, ионного состава воздуха, содержания вредных веществ должны соответствовать требованиям.

### **5.1.2 Превышение уровней шума**

Одним из наиболее распространенных в производстве вредных факторов является шум. Он создается вентиляционным и рабочим оборудованием, преобразователями напряжения, рабочими лампами дневного света, а также проникает снаружи. Шум вызывает головную боль, усталость, бессонницу или сонливость, ослабляет внимание, память ухудшается, реакция уменьшается.

Основным источником шума в комнате являются компьютерные охлаждающие вентиляторы и. Уровень шума варьируется от 35 до 42 дБА. Согласно СП 2.4.3648-20, при выполнении основных работ на ПЭВМ уровень шума на рабочем месте не должен превышать 82 дБА.

При значениях выше допустимого уровня необходимо предусмотреть средства индивидуальной защиты (СИЗ) и средства коллективной защиты (СКЗ) от шума.

Средства коллективной защиты:

- устранение причин шума или существенное его ослабление в источнике образования;

- изоляция источников шума от окружающей среды (применение глушителей, экранов, звукопоглощающих строительных материалов, например любой пористый материал – шамотный кирпич, микропористая резина, поролон и др.);

- применение средств, снижающих шум и вибрацию на пути их распространения;

Средства индивидуальной защиты;

применение спецодежды и защитных средств органов слуха: наушники, беруши, антифоны.

### **5.1.3 Повышенный уровень электромагнитных излучений**

Источником электромагнитных излучений в нашем случае являются дисплеи ПЭВМ. Монитор компьютера включает в себя излучения рентгеновской, ультрафиолетовой и инфракрасной области, а также широкий диапазон электромагнитных волн других частот. Согласно СП 2.4.3648-20 напряженность электромагнитного поля по электрической составляющей на расстоянии 50 см вокруг ВДТ не должна превышать 25В/м в диапазоне от 5Гц до 2кГц, 2,5В/м в диапазоне от 2 до 400кГц. Плотность магнитного потока не должна превышать в диапазоне от 5 Гц до 2 кГц 250нТл, и 25нТл в диапазоне от 2 до 400кГц. Поверхностный электростатический потенциал не должен превышать 500В. В ходе работы использовалась ПЭВМ типа Acer VN7-791 со следующими характеристиками: напряженность электромагнитного поля 2,5В/м; поверхностный потенциал составляет 450 В (основы противопожарной защиты предприятий ГОСТ 12.1.004 и ГОСТ 12.1.010 – 76.).

При длительном постоянном воздействии электромагнитного поля (ЭМП) радиочастотного диапазона при работе на ПЭВМ у человеческого организма сердечно-сосудистые, респираторные и нервные расстройства, головные боли, усталость, ухудшение состояния здоровья, гипотония, изменения сердечной мышцы проводимости. Тепловой эффект ЭМП характеризуется увеличением температуры тела, локальным селективным нагревом тканей, органов, клеток за счет перехода ЭМП на теплую энергию.

Предельно допустимые уровни (ПДУ) облучения (по *ОСТ 54 30013-83*):

- до 10 мкВт/см<sup>2</sup>, время работы (8 часов);
- от 10 до 100 мкВт/см<sup>2</sup>, время работы не более 2 часов;

– от 100 до 1000 мкВт/см<sup>2</sup>, время работы не более 20 мин. при условии пользования защитными очками;

– для населения в целом ППМ не должен превышать 1 мкВт/см<sup>2</sup>.

Защита человека от опасного воздействия электромагнитного излучения осуществляется следующими способами СКЗ:

– защита временем;

– защита расстоянием;

– снижение интенсивности излучения непосредственно в самом источнике излучения;

– заземление экрана вокруг источника;

– защита рабочего места от излучения.

К способам СИЗ относятся: очки и специальная одежда, выполненная из металлизированной ткани (кольчуга). При этом следует отметить, что использование СИЗ возможно при кратковременных работах и является мерой аварийного характера. Ежедневная защита обслуживающего персонала должна обеспечиваться другими средствами.

Вместо обычных стекол используют стекла, покрытые тонким слоем золота или диоксида олова (SnO<sub>2</sub>).

#### **5.1.4 Наличие токсикантов, (запыленность, загазованность), ПДК, класс опасности, СКЗ, СИЗ**

Нормативы распространяются на рабочие места, независимо от их расположения (в производственных помещениях, в горных выработках, на открытых площадках, транспортных средствах и т.п.).

Нормативы используются при проектировании производственных зданий, технологических процессов, оборудования и вентиляции, для обеспечения производственного контроля за качеством производственной среды и профилактики неблагоприятного воздействия на здоровье работающих вредных химических веществ.



Нормативы установлены на основании комплексных токсиколого-гигиенических и эпидемиологических исследований с учетом международного опыта.

В процессе проведения работ одним из основных вредных факторов является испарение летучих продуктов при выполнении монтажно – сборочных работ (сварка, наладка и т.д.). Испаренные летучие продукты применяемых при сварке прутков и травителей могут нанести вред здоровью человека. Согласно по степени воздействия на организм человека вредные вещества подразделяют на четыре класса опасности:

- 1-й - вещества чрезвычайно опасные;
- 2-й - вещества высокоопасные;
- 3-й - вещества умеренно опасные;
- 4-й - вещества малоопасные.

Травители для сплавов АМгЗ имеют второй класс опасности, и имеют ПДК (по кислоте) 0,025 мг/м, присутствуют в основном в виде аэрозолей.

Испарения прутков имеет второй класс опасности и ПДК 4мг/м, способна вызвать аллергические реакции и присутствует в виде аэрозоля.

Способы СКЗ включают в себя в основном все мероприятия направлены на удаление паров свинца и прочих продуктов пайки путем применения местной и общей принудительной вентиляции с последующей фильтрацией, рециркуляция не допускается.

Также применяется периодическая очистка поверхностей от осаждающихся на них продуктов пайки.

Необходимо применять респираторы с абсорбционной приставкой (СИЗ).

### **5.1.5 Недостаточная освещенность**

Для обеспечения требуемой освещенности необходимо использовать совмещенное освещение, создаваемое сочетанием естественного и искусственного освещения. При данном этапе развития осветительной

техники целесообразно использовать люминесцентные лампы, которые по сравнению с лампами накаливания имеют большую светоотдачу на ватт потребляемой мощности и более естественный спектр.

Минимальный уровень средней освещенности на рабочих местах с постоянным пребыванием людей должен быть не менее 200 лк.

В расчётном задании должны быть решены следующие вопросы:

- выбор системы освещения;
- выбор источников света;
- выбор светильников и их размещение;
- выбор нормируемой освещённости;
- расчёт освещения методом светового потока.

В данном расчётном задании для всех помещений рассчитывается общее равномерное освещение (таблица 5.3).

Таблица 5.3 – Параметры помещения.

Параметр	Обозначение	Значение, м
Длина	$A$	12
Ширина	$B$	10
Высота помещения	$H$	3,5
Свес	$h_c$	0,4
Высота Р.П.	$h_{pn}$	0,8
Высота от светильника до Р.П.	$h$	$H - h_p - h_c$
Коэффициент отражения стен	$\rho_{cm}$	70 %
Коэффициент отражения потолка	$\rho_n$	70
Коэффициент запаса	$Kз$	1.3
Коэффициент неравномерности	$Z$	1.1

Расчёт общего равномерного искусственного освещения горизонтальной рабочей поверхности выполняется методом коэффициента светового потока, учитывающим световой поток, отражённый от потолка и стен.

Световой поток лампы определяется по формуле:

$$\Phi_{рас} = E_H \cdot S \cdot K_3 \cdot Z / N \cdot \eta, \quad (5.1)$$

где  $E_H$  – нормируемая минимальная освещённость по СНиП 23-05- 95, лк;

$S$  – площадь освещаемого помещения, м<sup>2</sup>;

$K_3$  – коэффициент запаса, учитывающий загрязнение светильника (источника света, светотехнической арматуры, стен и пр., т. е. отражающих поверхностей), наличие в атмосфере цеха дыма, пыли;

$Z$  – коэффициент неравномерности освещения, отношение  $E_{ср}/E_{min}$ .

Для люминесцентных ламп при расчётах берётся равным 1,1;

$N$  – число ламп в помещении;

$\eta$  – коэффициент использования светового потока.

Коэффициент использования светового потока показывает, какая часть светового потока ламп попадает на рабочую поверхность. Он зависит от индекса помещения  $i$ , типа светильника, высоты светильников над рабочей поверхностью  $h$  и коэффициентов отражения стен  $\rho_c$  и потолка  $\rho_n$ .

Индекс помещения определяется по формуле:

$$i = S / h(A + B). \quad (5.2)$$

Проведем расчет индекса помещения. Площадь помещения:

$$S = A \cdot B = 12 \cdot 10 = 120 \text{ м}^2,$$

и индекса помещения:

$$i = \frac{S}{h \cdot (A + B)} = \frac{120}{2.35 \cdot (12 + 10)} = 2,32.$$

Согласно этим данным, коэффициент использования светового потока будет равен 56 % или в долях = 0,56.

Согласно указанной методике, выбираем тип источника света.

Наиболее подходящим вариантом является 40 ваттная лампа ЛБ, у которой  $\Phi=2800$  лм. Для выбранного типа лампы подходит светильник ОД-2-40 с размерами: длина = 1230 мм, ширина = 266 мм.

Из уравнения (5.1) находим количество ламп для помещения

$$N = E_H \cdot S \cdot K_3 \cdot Z / \Phi \cdot \eta = 200 \cdot 120 \cdot 1,3 \cdot 1,1 / 2800 \cdot 0,56 = 21,875;$$

Принимаем  $N=24$  лампы или 12 светильников.

Размещаем светильники в 3 ряда по 4 светильника в ряду с соблюдением условий:  $L$  – расстояние между соседними светильниками или рядами (если по длине (А) и ширине (В) помещения расстояния различны, то они обозначаются  $L_A$  и  $L_B$ ),  $L$  – расстояние между соседними светильниками или рядами (если по длине (А) и ширине (В) помещения расстояния различны, то они обозначаются  $L_A$  и  $L_B$ ),  $l$  – расстояние от крайних светильников или рядов до стены.

Оптимальное расстояние  $l$  от крайнего ряда светильников до стены рекомендуется принимать равным  $L/3$ .

Сначала определим световой поток расчетный.

$$\Phi = E_H \cdot S \cdot K_Z \cdot Z \cdot \eta = 200 \cdot 120 \cdot 1,3 \cdot 1,1 / 24 \cdot 0,56 = 2554 \text{ лм};$$

Проведем проверку выполнения условия соответствия:

$$- 10\% \leq ((\Phi_{расч} - \Phi_{станд}) / \Phi_{расч}) \cdot 100\% \leq + 20\%$$

Подставляя численные значения получаем:

$$- 10\% \leq (2800 - 2554) / 2554 \cdot 100\% \leq + 20\%$$

$$- 10\% \leq +9,6\% \leq + 20\%$$

Результат расчета укладывается в допустимые пределы.

Определим мощность осветительной установки:

$$P = N \cdot P_i = 24 \cdot 40 = 960 \text{ Вт.}$$

Теперь определим расстояния между светильниками по длине и ширине помещения.

$$12000 = 3 \cdot L_A + 4 \cdot 1230 + 2/3 \cdot L_A; L_A = (12000 - 4920) \cdot 3/11 = 1930 \text{ мм};$$

$$L_A/3 = 644 \text{ мм};$$

$$10000 = 2 \cdot L_B + 3 \cdot 266 + 2/3 \cdot L_B; L_B = (10000 - 798) \cdot 3/8 = 3450 \text{ мм};$$

$$L_B/3 = 1150 \text{ мм.}$$

На рисунке 5.1 изобразим схему размещения светильников на потолке для обеспечения общего равномерного освещения.

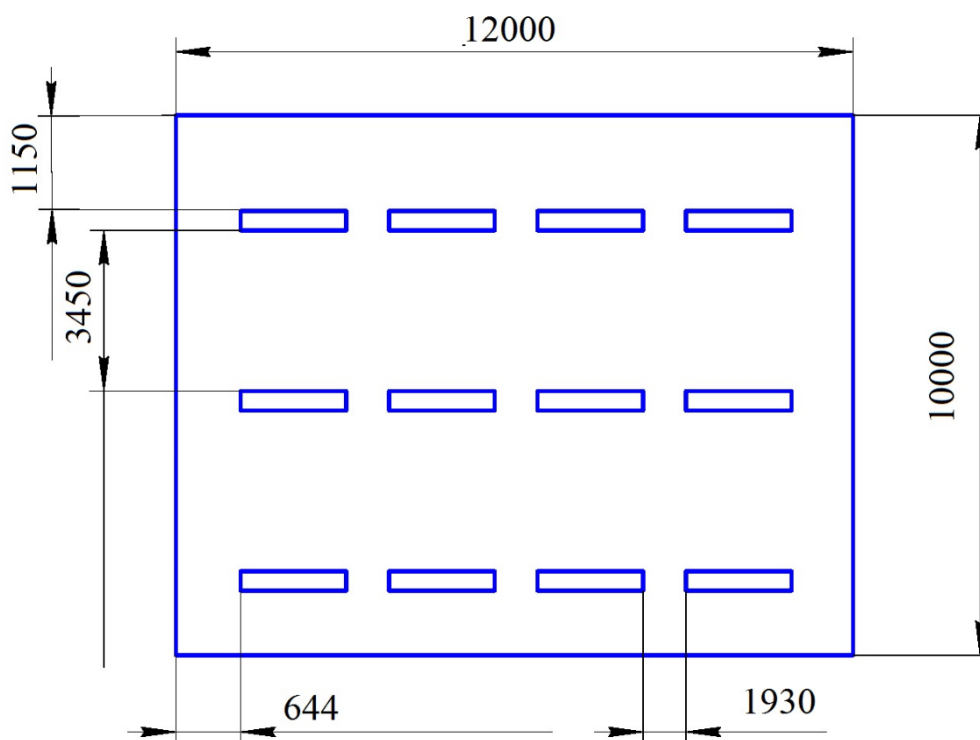


Рисунок 5.1 – План размещения светильников на потолке.

Проведем проверку выполнения условия соответствия:

$$-10\% \leq \frac{\Phi_{\text{л.станд}} - \Phi_{\text{л.расч}}}{\Phi_{\text{л.станд}}} \cdot 100\% \leq +20\%$$

Подставляя численные значения получаем:

$$-10\% \leq 3,58\% \leq +20\%$$

Результат расчета укладывается в поле допуска.

Определим мощность осветительной установки:

$$P = N_l \cdot P_l = 40 \cdot 80 = 3200 \text{ Вт}$$

### 5.1.6 Поражение электрическим током и УФ излучением

При исправном состоянии оборудования и правильном выполнении сварочных операций возможность поражения электрическим током исключается. Но все же, оно возможно и происходит при прикосновении к токоведущим частям электропроводки и сварочной аппаратуры.

Напряжение холостого хода, выбранного в ходе работы источника питания сварочной дуги, достигает 67 Вольт. Следует учесть тот факт, что

данное напряжение весьма опасно для человеческого организма. Токи более 0,05 А могут вызвать тяжелые последствия и даже смерть.

Поражение электрическим током возникает при замыкании электрической цепи сварочного аппарата через тело человека. Причинами являются: недостаточная электрическая изоляция аппаратов и питающих проводов, плохое состояние спецодежды и обуви сварщика, сырость и теснота помещений, и другие факторы.

Следовательно, во избежание поражения электрическим током во время проведения электросварочных работ необходимо соблюдать следующие условия:

– корпуса источников питания дуги, сварочного вспомогательного оборудования и свариваемые заготовки должны быть надежно заземлены. Заземление осуществляется медным проводом, один конец которого закрепляется к корпусу источника питания дуги к специальному болту с надписью «Земля», а второй конец присоединяется либо к общей заземляющей шине, либо к металлическому штырю, вбитому в землю;

– заземление передвижных источников питания производится до их включения в силовую сеть, а снятие заземления – только после отключения от силовой сети;

– для подключения источников сварочного тока к сети должны использоваться настенные ящики с рубильниками, предохранителями и зажимами. Длина проводов сетевого питания не должна быть более 10 м. При необходимости нарастить провод применяют соединительную муфту с прочной изоляционной массой или провод с электроизоляционной оболочкой. Провод подвешивают на высоте 2,5...3,5 м.

– все сварочные провода должны иметь исправную изоляцию и соответствовать применяемым токам. Применение проводов с ветхой и растрепанной изоляцией категорически запрещается;

– электрододержатель должен быть снабжен полностью изолированной рукояткой. Место крепления сварочного провода к держателю также должно быть надежно изолировано;

– спецодежда электросварщика должна быть сухой и исправной. Куртка, брюки, фартук и рукавицы должны быть из брезента или сукна. Ботинки или кожаные сапоги должны иметь кожаную подошву, прикрепленную деревянными гвоздями. Резиновые подошвы ботинок и сапог должны быть приклеены путем горячей вулканизации или клеем;

– для персонала 1 группы допуска по электробезопасности, работодатель обязан, организовать инструктаж по электробезопасности на первую группу, с записью в специальном журнале регистрации инструктажей по электробезопасности для неэлектротехнического персонала на 1 группу (сварщик должен быть аттестован по электробезопасности).

Горение сварочной дуги, помимо инфракрасного излучения и видимого света, сопровождается ультрафиолетовым излучением. Яркость световых лучей значительно превышает норму, допускаемую для человеческого глаза, и поэтому зрительная ответная реакция на дугу производит ослепляющее действие.

Ультрафиолетовые лучи при действии даже в течение нескольких секунд вызывают заболевание глаз, называемое электроофтальмией. Оно сопровождается острой болью, резью в глазах, слезотечением, спазмами век. Более продолжительное облучение ультрафиолетовыми лучами вызывает ожоги кожи. Инфракрасные лучи при длительном воздействии вызывают помутнение хрусталиков глаза (катаракту), а также ожоги кожи лица.

Во избежание последствий облучения ультрафиолетовым излучением кожи и сетчатки глаз необходимо соблюдать технику безопасности на рабочем месте. При проведении сварочных работ сварщик обязан быть обеспечен средствами индивидуальной защиты, сварочной защитной маской и производственной сварочной защитной одеждой. В комплект защитной

одежды входят костюм и рукавицы, изготовленные из брезентового материала.

## **5.2 Электроопасность; класс электроопасности помещения, безопасные номиналы $I$ , $U$ , $R_{\text{заземления}}$ , СКЗ, СИЗ;**

### **5.2.1 Поражение электрическим током**

К опасным факторам можно отнести наличие в помещении большого количества аппаратуры, использующей однофазный электрический ток напряжением 220 В и частотой 50Гц. По опасности электропоражения комната относится к помещениям без повышенной опасности, так как отсутствует повышенная влажность, высокая температура, токопроводящая пыль и возможность одновременного соприкосновения токоведущих элементов с заземленными металлическими корпусами оборудования.

Лаборатория относится к помещению без повышенной опасности поражения электрическим током. Безопасными номиналами являются:  $I < 0,1 \text{ А}$ ;  $U < (2-36) \text{ В}$ ;  $R_{\text{зазем}} < 4 \text{ Ом}$ .

Для защиты от поражения электрическим током используют СИЗ и СКЗ.

Средства коллективной защиты:

- защитное заземление, зануление;
- малое напряжение;
- электрическое разделение сетей;
- защитное отключение;
- изоляция токоведущих частей;
- оградительные устройства.

Использование щитов, барьеров, клеток, ширм, а также заземляющих и шунтирующих штанг, специальных знаков и плакатов.

Средства индивидуальной защиты: использование диэлектрических перчаток, изолирующих клещей и штанг, слесарных инструментов с



изолированными рукоятками, указатели величины напряжения, калоши, боты, подставки и коврики.

### **5.2.2. Пожароопасность, категория пожароопасности помещения, марки огнетушителей, их назначение и ограничение применения.**

По взрывопожарной и пожарной опасности помещения подразделяются на категории А, Б, В1-В4, Г и Д.

Согласно НПБ 105-03 лаборатория относится к категории В– горючие и трудно горючие жидкости, твердые горючие и трудно горючие вещества и материалы, вещества и материалы, способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом только гореть, при условии, что помещения, в которых находится, не относятся к категории наиболее опасных А или Б.

По степени огнестойкости данное помещение относится к 1-й степени огнестойкости по СНиП 21-01-97 (выполнено из кирпича, которое относится к трудносгораемым материалам).

Возникновение пожара при работе с электронной аппаратурой может быть по причинам как электрического, так и неэлектрического характера.

Причины возникновения пожара неэлектрического характера: халатное неосторожное обращение с огнем (курение, оставленные без присмотра нагревательные приборы, использование открытого огня);

Причины возникновения пожара электрического характера: короткое замыкание, перегрузки по току, искрение и электрические дуги, статическое электричество и т. п.

Для локализации или ликвидации загорания на начальной стадии используются первичные средства пожаротушения. Первичные средства пожаротушения обычно применяют до прибытия пожарной команды.

Огнетушители водо-пенные (ОХВП-10) используют для тушения очагов пожара без наличия электроэнергии. Углекислотные (ОУ-2) и порошковые огнетушители предназначены для тушения электроустановок,

находящихся под напряжением до 1000 В. Для тушения токоведущих частей и электроустановок применяется переносной порошковый огнетушитель, например ОП-5.

В общественных зданиях и сооружениях на каждом этаже должно размещаться не менее двух переносных огнетушителей. Огнетушители следует располагать на видных местах вблизи от выходов из помещений на высоте не более 1,35 м. Размещение первичных средств пожаротушения в коридорах, переходах не должно препятствовать безопасной эвакуации людей.

Для предупреждения пожара и взрыва необходимо предусмотреть:

- специальные изолированные помещения для хранения и разлива легковоспламеняющихся жидкостей (ЛВЖ), оборудованные приточно-вытяжной вентиляцией во взрывобезопасном исполнении - соответствии с ГОСТ 12.4.021-75 и СНиП 2.04.05-86;

- специальные помещения (для хранения в таре пылеобразной канифоли), изолированные от нагревательных приборов и нагретых частей оборудования;

- первичные средства пожаротушения на производственных участках (передвижные углекислые огнетушители ГОСТ 9230-77, пенные огнетушители ТУ 22-4720-80, ящики с песком, войлок, противопожарное полотно);

- автоматические сигнализаторы (типа СВК-3 М 1) для сигнализации о присутствии в воздухе помещений предвзрывных концентраций горючих паров растворителей и их смесей.

Лаборатория полностью соответствует требованиям пожарной безопасности, а именно, наличие охранно-пожарной сигнализации, плана эвакуации, изображенного на рисунке 1, порошковых огнетушителей с поверенным клеймом, табличек с указанием направления к запасному (эвакуационному) выходу.

### **5.2.3 Работа на механическом оборудовании и слесарном инструменте, СКЗ, СИЗ.**

В сборочно-сварочных цехах происходит обработка металла резанием, рубка на гильотинных ножницах. При выполнении данных операций возможны: порезы; защемления, захваты в движущихся частях механизмов; удары об твердые части оборудования и инструмента.

При выполнении слесарных работ необходимо соблюдать правила техники безопасности согласно «Правила безопасности при работе с инструментом и приспособлениями».

При выполнении работы нужно быть внимательным, не отвлекаться посторонними делами и разговорами и не отвлекать других. Внимательно осмотреть место работы, привести его в порядок, убрать все мешающие работе посторонние предметы.

Проверить наличие и исправность инструмента, приспособлений и средств индивидуальной защиты (защитных очков, перчаток и т. п.).

При работе применять только исправные инструменты и приспособления.

При работе на ножницах или вальцах надежно зажимать деталь. При спуске рычага остерегаться удара по ноге и защемления руки между ножами или вальцами.

Так же в цехах производят работу на шлифмашине с быстродвижущейся кромкой отрезного диска.

К самостоятельной работе с угловой шлифовальной машинкой допускаются лица не моложе 18 лет, прошедшие:

- предварительный (при поступлении на работу) или периодический медицинский осмотр и годные по состоянию здоровья;
- вводный инструктаж по охране труда и пожарной безопасности;
- первичный инструктаж на рабочем месте по охране труда и пожарной безопасности;

– обучение безопасным методам и приемам выполнения работ и оказанию первой помощи, пострадавшим при несчастных случаях на производстве.

При работе с угловой шлифовальной машинкой необходимо:

– соблюдать требования к эксплуатации угловой шлифовальной машинки;

– соблюдать правила безопасности и охраны труда при работе с угловой шлифовальной машинкой;

– использовать по назначению и бережно относиться к выданным средствам индивидуальной защиты.

### **5.3 Экологическая безопасность**

В компьютерах огромное количество компонентов, которые содержат токсичные вещества и представляют угрозу, как для человека, так и для окружающей среды.

К таким веществам относятся:

– свинец (накапливается в организме, поражая почки, нервную систему);

– ртуть (поражает мозг и нервную систему);

– никель и цинк (могут вызывать дерматит);

– щелочи (прожигают слизистые оболочки и кожу).

Поэтому компьютер требует специальных комплексных методов утилизации.

Таким образом утилизацию компьютера можно провести следующим образом:

– отделить металлические детали от неметаллов;

– разделить углеродистые металлы от цветмета;

– пластмассовые изделия (крупногабаритные) измельчить для уменьшения объема;

– копир-порошок упаковать в отдельную упаковку, точно также, как и все проклассифицированные и измельченные компоненты оргтехники, и после накопления на складе транспортных количеств отправить предприятиям и фирмам, специализирующимся по переработке отдельных видов материалов.

Люминесцентные лампы утилизируют следующим образом. Не работающие лампы немедленно после удаления из светильника должны быть упакованы в картонную коробку, бумагу или тонкий мягкий картон, предохраняющий лампы от взаимного соприкосновения и случайного механического повреждения. После накопления ламп объемом в 1 транспортную единицу их сдают на переработку на соответствующее предприятие. Недопустимо выбрасывать отработанные энергосберегающие лампы вместе с обычным мусором, превращая его в ртутьсодержащие отходы, которые загрязняют ртутными парами

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

Природная чрезвычайная ситуация – обстановка на определенной территории или акватории, сложившейся в результате возникновения источника природной чрезвычайной ситуации, который может повлечь или повлек за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей и (или) окружающей природной среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей.

Производство находится в городе Томске с континентально-циклоническим климатом. Природные явления (землетрясения, наводнения, засухи, ураганы и т. д.), в данном городе отсутствуют.

Возможными ЧС на объекте в данном случае, могут быть сильные морозы и диверсия.

Для Сибири в зимнее время года характерны морозы. Достижение критически низких температур приводит к авариям систем тепло- и водоснабжения, сантехнических коммуникаций и электроснабжения,

приостановке работы. В этом случае при подготовке к зиме следует предусмотреть:

- газобаллонные калориферы (запасные обогреватели);
- дизель или бензиновые электрогенераторы;
- запасы питьевой и технической воды на складе (не менее 30 л на 1 человека);
- теплый транспорт для доставки работников на работу и с работы домой в случае отказа муниципального транспорта.

Их количества и мощности должно хватать для того, чтобы работа на производстве не прекратилась.

В аудитории №104 16а корпуса ОЭИ ИШНКБ ТПУ наиболее вероятно возникновение чрезвычайных ситуаций (ЧС) техногенного характера.

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

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В представляемой выпускной квалификационной работе разработана технология сборки-сварки изготовления поворотных кольцевых стыковых соединений труб диаметром 1020 мм.

В ВКР представлен рациональный выбор способа сварки, произведен выбор режимов сварки. В работе предложено использовать для соединения труб процесс сварки проволокой в среде защитных газов для корневого шва с управляемым каплепереносом и самозащитной проволокой для заполняющих швов. Представлены методы контроля качества кольцевых сварных соединений тремя методами.

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

Приведен технико-экономический анализ разработанного технологического процесса изготовления поворотных кольцевых стыковых соединений труб. В сравнении с РДС скорость работ выше на 39%, а снижение затрат на 8%.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Ланчаков Г.А., Зорин Е.Е., Пашков Ю.И. Работоспособность трубопроводов, сопротивляемость разрушению. – М: Недра-Бизнесцентр, 2001. – 350 с.
2. Патон Б.Е., Недосека А.Я. Диагностика и прогнозирование остаточного ресурса сварных конструкций // ТД и НК. – 1992. – №3. – С. 3-16.
3. Бородавкин П.П. Подземные магистральные трубопроводы. – М.: Недра, 1982. – 276 с.
4. Анучкин М.П. Прочность сварных магистральных трубопроводов. – М.: Гостоптехиздат, 1963. – 264 с.
5. СТО Газпром 2-2.2-136-2007. Инструкция по технологиям сварки при строительстве и ремонтепромысловых и магистральных газопроводов // Газпром технологическая документация URL: [https://znaytovar.ru/gost/2/STO\\_Gazprom\\_2221362007\\_Instruk.html](https://znaytovar.ru/gost/2/STO_Gazprom_2221362007_Instruk.html) (Дата обращения: 05.04.2023)
6. Анучкин М.П., Аненков Н.Л. Итоги испытаний газопроводный труб до разрушения // Строительство трубопроводов. – 1999. – №7. – С. 12-14.
7. Потапьевский А.Г. Сварка в защитных газах плавящимся электродом. Часть 1. Сварка в активных газах. – Киев: «Екотехнологія», 2007. – 192 с.
8. Потапьевский А.Г., Сараев Ю.Н., Чинахов Д.А. Сварка сталей в защитных газах плавящимся электродом. Техника и технология будущего: монография. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2012. – 208 с.
9. Лебедев В.А. Тенденции развития механизированной сварки с управляемым переносом электродного металла (обзор) // Автоматическая сварка. – 2010. – № 10. – С. 45-53.
10. Махмутов Н.А. Сопротивление элементов конструкций хрупкому разрушению. – М.: Машиностроение, 1993. – 261 с.



11. Велиюлин И.И., Седых А.Д. Статистический анализ размеров дефектов при разрушении магистральных трубопроводов. Экспресс-информация // ВНИИЭГАЗпром. – 2019. – № 6. – С. 6-14.

12. Cai Y.C. Influence of Y on microstructures and mechanical properties of high strength steel weld metal // Materials and Design-Reigate. – 2014. – №62. – P. 83-90.

13. Chen, J. In situ strain and temperature measurement and modelling during arc welding // Science and Technology of Welding and Joining. – 2015. – №20. – P. 181-188.

14. Павлова З.Х., Азметов Х.А., Абдрахманов Н.Х. Оценка и обеспечение безопасности эксплуатации нефтегазопроводов в условиях нестационарности технологических параметров // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2018. – № 1. – С. 132-139.

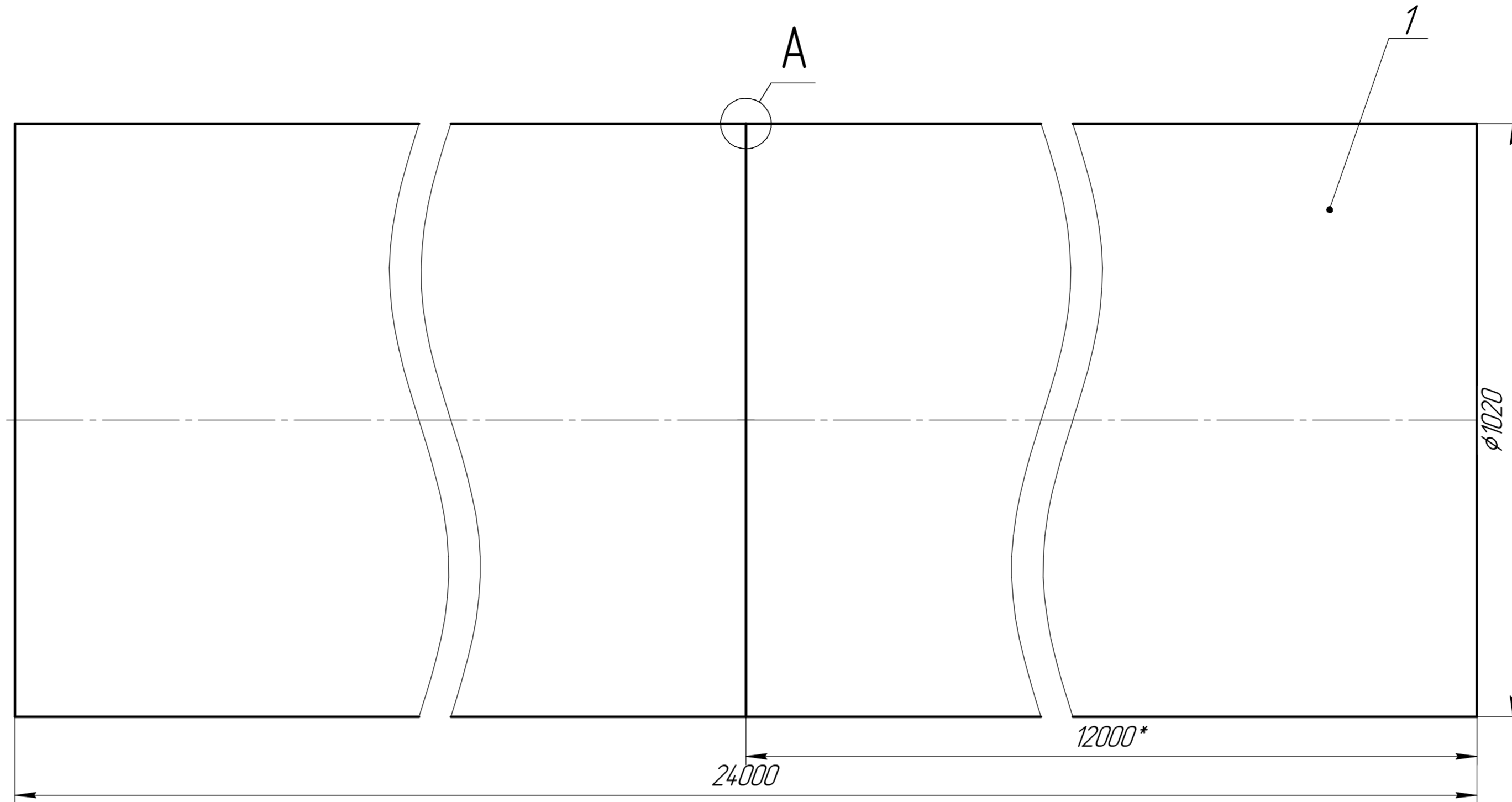
15. СТО Газпром 2-2.4-083–2006. Инструкция по неразрушающим методам контроля качества сварных соединений при строительстве и ремонте промышленных и магистральных газопроводов // Газпром технологическая документация URL: [https://znaytovar.ru/gost/2/STO\\_Gazprom\\_2240832006\\_Instruk.html](https://znaytovar.ru/gost/2/STO_Gazprom_2240832006_Instruk.html) (Дата обращения: 05.04.2023)

16. Марки стали и сплавы // Стальной портал URL: [http://metallichekiy-portal.ru/marki\\_metallov/stk/VSt3sp](http://metallichekiy-portal.ru/marki_metallov/stk/VSt3sp) – (Дата обращения: 05.04.2023)

## **Приложение А**

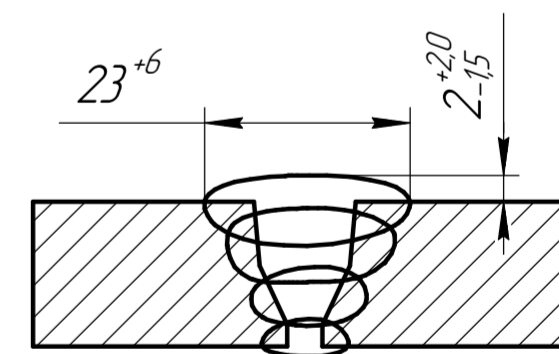
(обязательное)

### **Участок магистрального газопровода**



Химический состав стали 09Г2С, %														
C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	N	Mo	V	Ti	As	Cu	Al	Fe
0,09-0,12	0,5-0,8	13-17	до 0,3	до 0,04	до 0,035	до 0,3	до 0,008	до 0,11	0,04-0,09	до 0,03	до 0,08	до 0,3	0,02-0,06	96-97

A(5:1)



- 1. \* Размеры для справок
- 2. Трубы прямошовные с двумя швами

Справ. №  
Перв. примен.

Инд. № подл.  
Взам. инв. №  
Инд. № дробл.  
Подп. и дата

				ФЮРА.631333.001 СБ		
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Стык труб Сборочный чертеж	
Разраб.	Ильющенко				Лист	Масштаб
Проб.					1	1:5
Т.контр.					Листов	1
И.контр.					НИ ТПУ гр. 3-1В81	
Утв.					Формат А2	

## **Приложение Б**

(обязательное)

### **Комплект технологической документации**













Дубл.			
Взам.			
Подл.			

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

ФЮРА.02190.008

3

1

Разраб.	Придус В.Д.		
Проверил			

НИ ТПУ

ФЮРА.20190.001

Н. контр.	Першина А.А.		
-----------	--------------	--	--

Сварка неповоротного стыка труб

У

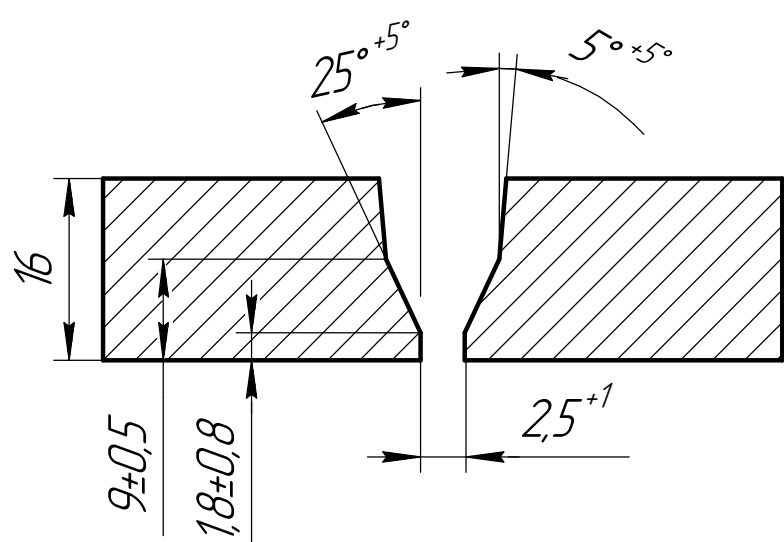
010

## Примечания:

1. Сборку кольцевого сварного соединения труб следует производить с использованием внутреннего гидравлического или пневматического центриатора без прихваток.

2. При наличии заводские швы смещать относительно друг друга на расстояние не менее 100 мм. Заводские швы рекомендуется располагать в верхней половине периметра.

3. Не допускается для установления необходимых параметров сборки зазора, смещения кромок применять ударный инструмент.



КЭ

Дубл.			
Взам.			
Подл.			

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

ФЮРА.02190.008

2

Разраб.	Придус В.Д.		
Проверил			

НИ ТПУ

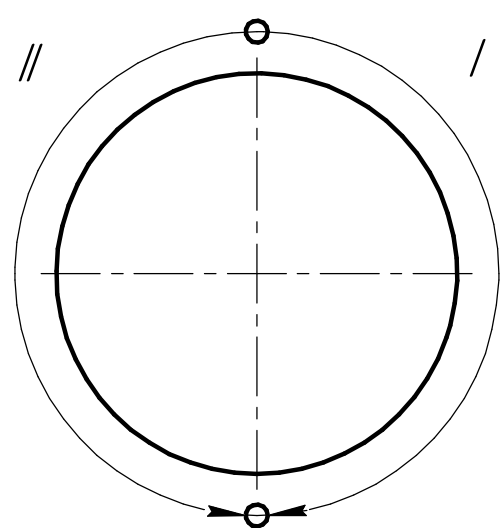
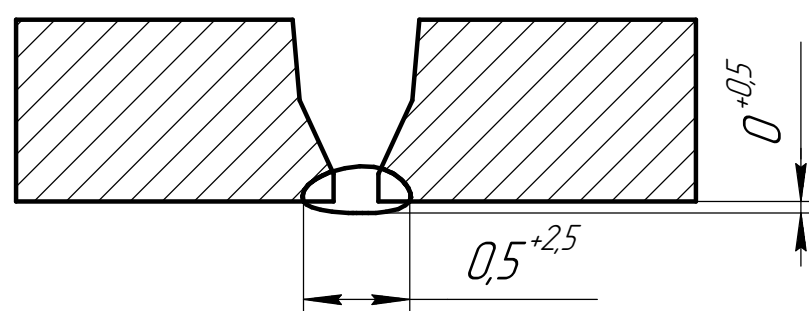
ФЮРА.20190.002

Н. контр.	Першина А.А.		
-----------	--------------	--	--

Сварка неповоротного стыка труб

У

020



## Примечания:

I, II – номер работающего сварщика

Запрещается зажигать дугу на поверхности металла труб и СДТ.

В положении от  $0^{00}$  до  $1^{00}$  ч сварка осуществляется с поперечными колебаниями без задержки на кромках при скорости подачи проволоки 2,3–3,05 м/мин, в положении от  $1^{00}$  до  $6^{00}$  ч без поперечных колебаний при скорости подачи проволоки 3,3–4,05 м/мин.

Скорость изменения заднего фронта импульса 0. Установка параметра горячего старта 2 или 3.

Угол наклона электрода (назад): в положении  $0^{00}$  ч от  $10^\circ$  до  $20^\circ$ ; в положении  $0^{00}$  до  $1^{00}$  ч от  $30^\circ$  до  $45^\circ$ ; в положении  $1^{00}$  до  $4^{00}$  ч от  $20^\circ$  до  $45^\circ$ ; в положении  $4^{00}$  до  $5^{00}$  ч постепенно уменьшать до нуля, в положении  $5^{00}$  до  $6^{00}$  ч от  $5^\circ$  до  $10^\circ$ .

КЭ

Дубл.			
Взам.			
Подл.			

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

ФЮРА.02190.08

3

Разраб.	Придус В.Д.		
Проверил			

НИ ТПУ

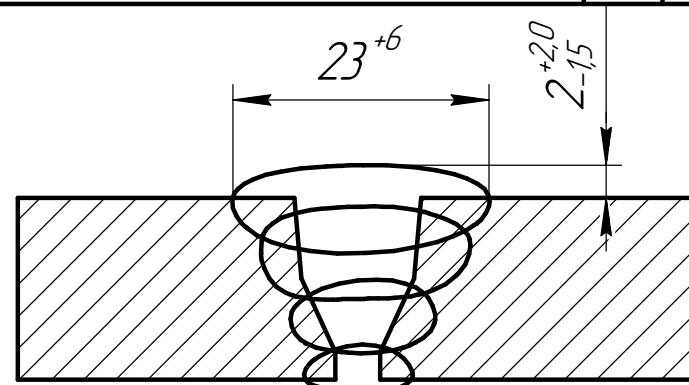
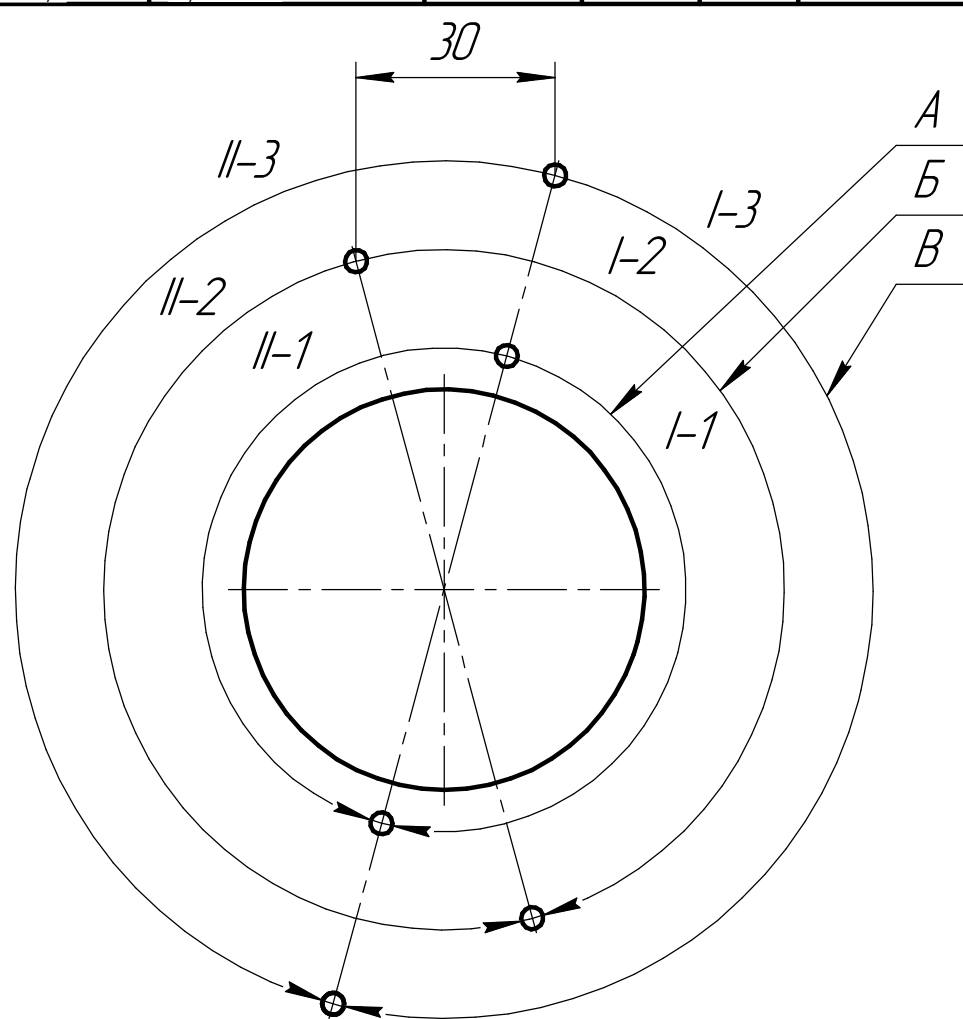
ФЮРА.20190.003

Н. контр.	Першина А.А.		
-----------	--------------	--	--

Сварка неповоротного стыка труб

У

025



A, B, B – обозначение слоев сварного соединения

I, II – номер работающего сварщика

1..3 – порядок наложения швов

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.

Перед выполнением облицовочного слоя следует недозаполнить разделку на 1–2 мм в нижнем и потолочном положениях.

КЭ