

Школа Юргинский технологический институт

Направление подготовки 15.03.01 «Машиностроение»

Специализация «Оборудование и технология сварочного производства»

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА БАКАЛАВРА

Тема работы
Разработка технологии сборки и сварки магистрального нефтепровода из труб диаметром 720 мм

УДК 621.757:621.791:622.692.4

Обучающийся

Группа	ФИО	Подпись	Дата
10A82	Ким Е.О.		

Руководитель

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

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

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

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ЮТИ	Солодский С.А.	к.т.н.		

Нормоконтроль

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

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП «Машиностроение»	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ЮТИ	Ильященко Д.П.	к.т.н., доцент		

Планируемые результаты обучения по ООП

Код результатов	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
ОПК(У)-1	Умением использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования.
ОПК(У)-2.	Осознанием сущности и значения информации в развитии современного общества.
ОПК(У)-3.	Владением основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации.
ОПК(У)-4.	Умением применять современные методы для разработки малоотходных, энергосберегающих и экологически чистых машиностроительных технологий, обеспечивающих безопасность жизнедеятельности людей и их защиту от возможных последствий аварий, катастроф и стихийных бедствий; умением применять способы рационального использования сырьевых, энергетических и других видов ресурсов в машиностроении.
ОПК(У)-5	Способностью решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности.
ПК(У)-5	Умением учитывать технические и эксплуатационные параметры деталей и узлов изделий машиностроения при их проектировании
ПК(У)-6	Умением использовать стандартные средства автоматизации проектирования при проектировании деталей и узлов машиностроительных конструкций в соответствии с техническими заданиями
ПК(У)-7	Способностью оформлять законченные проектно-конструкторские работы с проверкой соответствия разрабатываемых проектов и технической документации стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам
ПК(У)-8	Умением проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектных решений
ПК(У)-9	Умением проводить патентные исследования с целью обеспечения патентной чистоты новых проектных решений и их патентоспособности с определением показателей технического уровня проектируемых изделий
ПК(У)-10	Умением применять методы контроля качества изделий и объектов в сфере профессиональной деятельности, проводить анализ причин нарушений технологических процессов в машиностроении и разрабатывать мероприятия по их предупреждению
ПК(У)-11	Способность обеспечивать технологичность изделий и процессов их изготовления; умением контролировать соблюдение технологической дисциплины при изготовлении изделий
ПК(У)- 12	Способность разрабатывать технологическую и производственную документацию с использованием современных инструментальных средств

Код результатов	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
ПК(У)- 13	Способностью обеспечивать техническое оснащение рабочих мест с размещением технологического оборудования; умением осваивать вводимое оборудование
ПК(У)- 14	Способность участвовать в работах по доводке и освоению технологических процессов в ходе подготовки производства новой продукции, проверять качество монтажа и наладки при испытаниях и сдаче в эксплуатацию новых образцов изделий, узлов и деталей выпускаемой продукции
ПК(У)- 15	Умением проверять техническое состояние и остаточный ресурс технологического оборудования, организовывать профилактический осмотр и текущий ремонт оборудования
ПК(У)-16	умением проводить мероприятия по профилактике производственного травматизма и профессиональных заболеваний, контролировать соблюдение экологической безопасности проводимых работ
ПК(У)-17	Умением выбирать основные и вспомогательные материалы и способы реализации основных технологических процессов и применять прогрессивные методы эксплуатации технологического оборудования при изготовлении изделий машиностроения
ПК(У)-18	Умением применять методы стандартных испытаний по определению физико-механических свойств и технологических показателей используемых материалов и готовых изделий
ПК(У)-19	Способностью к метрологическому обеспечению технологических процессов, к использованию типовых методов контроля качества выпускаемой продукции

Студент гр. 10А82

Ким Е.О.

Руководитель ВКР

к.т.н., доцент

Ильященко Д.П.

Школа Юргинский технологический институт
 Направление подготовки 15.03.01 «Машиностроение»
 Специализация «Оборудование и технология сварочного производства»

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП «Машиностроение»
Д. П. Ильященко

 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

ВКР бакалавра

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

Студенту:

Группа	ФИО
10A82	Ким Евгению Олеговичу

Тема работы:

Разработка технологии сборки и сварки магистрального нефтепровода из труб диаметром 720 мм	
Утверждена приказом проректора-директора (директора) (дата, номер)	24.01.2022 г. № 24-21/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	17.06.2022 г.
--	---------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i>	Материалы преддипломной практики
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Обзор и анализ литературы. 2. Объект и методы исследования. 3. Разработка технологического процесса. 4. Разработка сборочно-сварочных приспособлений. 5. Проектирование участка сборки-сварки. 6. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение. 7. Социальная ответственность.

Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	1. Презентация
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
Технологическая и конструкторская часть	Ильященко Д.П.
Социальная ответственность	Солодский С.А.
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Ильященко Д.П.
Названия разделов, которые должны быть написаны на иностранном языке:	
Реферат	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	25.01.2022 г.
--	---------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ЮТИ	Ильященко Д.П.	к.т.н., доцент		25.01.2022г.

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
10A82	Ким Е.О.		

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

Школа Юргинский технологический институт
Направление подготовки 15.03.01 «Машиностроение»
Специализация «Оборудование и технология сварочного производства»
Период выполнения (осенний / весенний семестр 2021 – 2022 учебного года)

Форма представления работы:

ВКР бакалавра <small>(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)</small>

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ – ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	17.06.2022 г.
--	---------------

Дата контроля	Название раздела (модуля)/ Вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
25.01.2022	Обзор литературы	20
25.02.2022	Объекты и методы исследования	20
25.03.2022	Расчеты и аналитика	20
25.04.2022	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	20
25..05.2021	Социальная ответственность	20

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ЮТИ	Ильященко Д.П.	к.т.н., доцент		25.01.2022 г.

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Руководитель ООП «Машиностроение»	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ЮТИ	Ильященко Д.П.	к.т.н., доцент		25.01.2022 г.

Обучающийся

Группа	ФИО	Подпись	Дата
10A82	Ким Е.О.		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Обучающемуся:

Группа	ФИО
10А82	Ким Евгению Олеговичу

Школа	Юргинский технологический институт	Направление	15.03.01 Машиностроение
Уровень образования	бакалавр	Специализация	Оборудование и технология сварочного производства

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

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. *Определение капитальных вложений*
2. *Расчет составляющих себестоимости*
3. *Расчет количества приведенных затрат*

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)

1. *Основные показатели эффективности ИР (технико-экономические показатели проекта)*

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	25.01.2022г.
---	--------------

Задание выдал:

Руководитель ООП «Машиностроение»	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ЮТИ	Ильященко Д.П.	к.т.н., доцент		25.01.2022 г.

Консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ЮТИ	Ильященко Д.П.	к.т.н., доцент		25.01.2022 г.

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
10А82	Ким Е.О.		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
10А82	Ким Евгению Олеговичу

Школа	Юргинский технологический институт	Направление	15.03.01 Машиностроение
Уровень образования	Бакалавриат	Специализация	Оборудование и технология сварочного производства

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

<p>1. Описание технологического процесса, проектирование оснастки и участка ремонта котла на предмет возникновения:</p> <ul style="list-style-type: none"> – вредных проявлений факторов производственной среды (метеословия, вредные вещества, освещение, шумы, вибрации, электромагнитные поля, ионизирующие излучения) – опасных проявлений факторов производственной среды (механической природы, термического характера, электрической, пожарной и взрывной природы) – негативного воздействия на окружающую природную среду (атмосферу, гидросферу, литосферу) <p>чрезвычайных ситуаций (техногенного, стихийного, экологического и социального характера)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - вредных проявлений факторов производственной среды (метеословия, вредные вещества, освещение, шумы, вибрации, электромагнитные поля, ионизирующие излучения); - опасных проявлений факторов производственной среды (механической природы, термического характера, электрической, пожарной и взрывной природы); - негативного воздействия на окружающую природную среду (атмосферу, гидросферу, литосферу); - чрезвычайных ситуаций (техногенного, стихийного, экологического и социального характера).
<p>2. Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме</p>	

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – <i>физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой;</i> – <i>действие фактора на организм человека;</i> – <i>приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ);</i> – <i>предлагаемые средства защиты (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства)</i> 	<p>Действие выявленных вредных факторов на организм человека. Допустимые нормы (согласно нормативно-технической документации). Разработка коллективных и рекомендации по использованию индивидуальных средств защиты.</p>
<p>2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой произведённой среды в следующей последовательности</p> <ul style="list-style-type: none"> – механические опасности (источники, средства защиты); – термические опасности (источники, средства защиты); – электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты); – пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения) 	<p>Источники и средства защиты от существующих на рабочем месте опасных факторов (электробезопасность, термические опасности и т.д.). Пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения).</p>

<p>3. Охрана окружающей среды:</p> <ul style="list-style-type: none"> – защита селитебной зоны – анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); – анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); – разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды. 	Вредные выбросы в атмосферу.
<p>4. Защита в чрезвычайных ситуациях:</p> <ul style="list-style-type: none"> – перечень возможных ЧС на объекте; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий 	Перечень наиболее возможных ЧС на объекте.
<p>5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны 	Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.
Перечень графического материала:	
При необходимости представить эскизные графические материалы к расчётному заданию (обязательно для специалистов и магистров)	Лист-плакат Система вентиляции участка

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	03.02.2022 г.
---	---------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ЮТИ	Солодский С. А.	к.т.н.		03.02.2022 г.

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
10A82	Ким Е.О.		03.02.2022 г.

Определения, обозначения, сокращения

В данной выпускной квалификационной работе используются следующие сокращения:

АВИК – Автоматизированный визуальный и измерительный контроль;

АУЗК – Автоматизированный ультразвуковой контроль;

ВИК – Визуальный и измерительный контроль;

ВРЧ – временная регулировка чувствительности;

ЕСКД - Единая система конструкторской документации;

ЗТВ – Зона термического влияния;

МГ – Магистральный газопровод;

НАКС – Национальное агентство контроля сварки

НТД – Нормативная техническая документация

НД – Нормативная документация;

НК – Неразрушающий контроль;

ОСН – Остаточные сварочные напряжения;

ПЭП – Пьезоэлектрический преобразователь;

РК – Радиографический контроль;

РДС – Ручная дуговая сварка;

СОП – стандартный образец предприятия;

СО – Стандартный образец;

СМР - строительно-монтажные работы;

СОП – Стандартный образец предприятия;

ТУ – Технические условия;

УЗК – Ультразвуковой контроль;

ЭХЗ – Электрохимическая защита

TOFD – time of flight diffraction (дифракционно-временной метод неразрушающего контроля).

Реферат

Выпускная квалификационная работа 142 с., 9 рисунков, 23 таблицы, 50 источника, 3 приложений.

Ключевые слова: магистральный трубопровод, 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 сарки и контроль качества надземного газопровода диаметром 720 мм.

Объектом исследования является процесс изготовления неповоротных кольцевых стыковых соединений труб $\text{Ø}720 \times 21,2$ мм.

Цели и задачи исследования (работы). В результате данной работы следует получить производство с наибольшей степенью механизации повышающей производительность труда.

В процессе работы подобраны режимы сварки, подобрано сварочное оборудование, пронормированы сборочные и сварочные операции; В результате проведенной работы разработана операционная технологическая карта.

ВКР выполнена в текстовом редакторе Microsoft Word 2019 и КОМПАС–3D V17.1 и представлена на диске (в конверте на обороте обложки).

Abstract

Final qualifying work 110 p., 9 figures, 23 tables, 50 sources, 3 appendices.

Key words: main pipeline, fusion welding, technology, welding modes, welding current strength, welding equipment, productivity, welded structure, fixture, industrial safety, prime cost.

The relevance of the work: in this final qualifying work, the development of the technology of sarki and quality control of the oil pipeline with a diameter of 720 mm is carried out.

The object of the study is the manufacturing process of non-rotating annular butt joints of pipes $\text{Ø}720 \times 21.2$ mm.

Goals and objectives of the research (work). As a result of this work, it is necessary to obtain production with the highest degree of mechanization that increases labor productivity.

In the course of work, welding modes were selected, welding equipment was selected, assembly and welding operations were normalized; As a result of the work carried out, an operational technological map was developed.

The WRC is performed in the Microsoft Word 2019 text editor and

KOMPAS is 3D V18.1 and is presented on the disc (in an envelope on the back of the cover).

Содержание

Введение	16
1. Обзор и анализ литературы	18
1.1 Дефекты нефтепровода	18
1.2 Причины разрушения, повышение хладостойкости и эксплуатационной прочности сварных соединений газопроводов в условиях северо-востока России	19
1.3 Основные факторы, влияющие на работоспособность сварных соединений	21
1.4 Интегрированная система неразрушающего контроля качества сварных соединений труб магистральных газопроводов «УНИСКАН МТ»	22
1.5 Актуальные вопросы сварки неповоротных стыков трубопроводов в монтажных условиях	27
Заключение	31
2. Объект и методы исследования	32
2.1 Описание сварной конструкции	32
2.2 Требования НД, предъявляемые к конструкции	32
2.2.3 Требования к сборке сварного соединения	34
2.2.4 Требования к сварке	34
2.2.5 Требования к предварительному подогреву	37
2.2.6 Требования к оформлению документации	38
2.2.7 Требования к контролю	39
2.3 Методы и средства проектирования	43
2.4 Постановка задачи	44
3. Разработка технологического процесса	45

3.1 Анализ исходных данных	45
3.1.1 Основные материалы	45
3.1.2 Обоснование и выбор способа сварки	48
3.1.3 Выбор сварочных материалов	49
3.2 Выбор технологических режимов	53
3.3 Выбор основного оборудования	55
3.4 Выбор оснастки	61
3.5 Выбор методов контроля. Регламент проведения. Оборудование	61
3.6 Разработка технологической документации	87
3.7 Техническое нормирование операций	89
3.8 Материальное нормирование	90
4. Разработка сборочно-сварочных приспособлений	93
4.1 Обоснование выбора сборочно-сварочных приспособлений	93
5. Проектирование участка сборки сварки	95
5.1 Пространственное расположение производственного процесса	95
5.2 Расчет основных элементов производства	97
5.2.1 Определение количества необходимого числа оборудования	97
5.2.2 Определение состава и численности рабочих	98
6. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	100
6.1 Финансирование проекта и маркетинг	100
6.2 Экономический анализ техпроцесса	100
6.2.1 Расчет капитальных вложений в производственные фонды	101
6.2.2 Расчет себестоимости единицы продукции	103
6.3 Расчет технико-экономической эффективности	109

6.4 Основные технико-экономические показатели участка представлены в таблице 6.4	109
7 Социальная ответственность	111
7.1 Описание рабочего места	111
7.2 Законодательные и нормативные документы	111
7.3 Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды	113
7.3.1 Обеспечение требуемого освещения на участке	115
7.4 Анализ выявленных опасных факторов проектируемой произведённой среды	116
7.4.1 Разработка методов защиты от вредных и опасных факторов	122
7.5 Охрана окружающей среды	123
7.6 Защита в чрезвычайных ситуациях	123
7.7 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	124
Заключение	126
Список использованных источников литературы	127
Приложение А (Операционная технологическая карта сборки и сварки неповоротных стыков труб, выполняемых двухсторонней автоматической сваркой проволокой сплошного сечения в защитных газах сварочным комплексом CRC-Evans AW	133
Приложение Б (Сварной стык)	138
Приложение В (План участка)	139
Диск CD-R	в конверте на обложке
Графический материал	на отдельных листах
Неповоротный стык	демонстрационный лист
Неповоротный стык	демонстрационный лист

<p>Операционная технологическая карта сборки и сварки неповоротных стыков труб, выполняемых автоматической двухсторонней сваркой проволокой сплошного сечения в защитных газах сварочным комплексом CRC-Evans AW</p>	демонстрационный лист
<p>Операционная технологическая карта сборки и сварки неповоротных стыков труб, выполняемых автоматической двухсторонней сваркой проволокой сплошного сечения в защитных газах сварочным комплексом CRC-Evans AW</p>	демонстрационный лист
<p>Перечень и последовательность операций сборки и сварки</p>	демонстрационный лист
<p>Перечень и последовательность операций сборки и сварки</p>	демонстрационный лист
<p>Этапы сборки и сварки магистрального трубопровода сварочным комплексом CRC-Evans AW</p>	демонстрационный лист
<p>Этап 1. Подготовка кромок труб с помощью Pipe facing machine</p>	демонстрационный лист
<p>Этап 2. Сборка труб Ø720мм, сварка корневого шва и горячего прохода</p>	демонстрационный лист
<p>Этап 3. Сварка заполняющего слоя и облицовочного шва</p>	демонстрационный лист
<p>Методы контроля и оборудование</p>	демонстрационный лист
<p>Методы контроля и оборудование</p>	демонстрационный лист
<p>План участка</p>	демонстрационный лист

Негативные факторы сварочного производства

демонстрационный лист

Основные технико-экономические показатели

участка

демонстрационный лист

Выводы

демонстрационный лист

Введение

В настоящее время при монтаже магистральных трубопроводов сварка – это единственный процесс, который позволяет соединять отдельные трубы и трубные секции. Поэтому от производительности сварки в основном и зависит скорость монтажа магистральных трубопроводов, а повышение производительности и качества сварки является главным резервом в повышении производительности и снижении себестоимости монтажа всего трубопровода. Надёжность сварных соединений определяет надёжность всего трубопровода [1, 2].

Важным звеном между грузоотправителем и грузополучателем углеводородов является трубопроводный транспорт, надёжность работы которого определяет стабильность поставки нефти или газа. При этом современные системы магистральных трубопроводных коммуникаций являются сложными техническими объектами [3, 4].

Для России, в данный момент нефть и газ – это один из основных видов товаров на мировом рынке.

Территориально места добычи нефти и газа, и их потребления находятся на значительном расстоянии, так как большинство запасов полезных ископаемых находятся на Севере и на Востоке, а основные их потребители находятся в центральных и западных районах. Поэтому, одной из главных задач, является задача транспортировки нефти и газа. Одним из лучших способов доставки является трубопроводный транспорт, то есть магистральные трубопроводы [5, 6].

Актуальность темы. 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.

Цель работы. Разработка технологии сборки и сварки магистрального нефтепровода из труб диаметром 720 мм

Для достижения поставленной цели необходимо выполнить следующие задачи:

- провести литературный обзор по теме квалификационной работы;
- разработать технологию сборки и сварки магистрального трубопровода
- подобрать режимы сварки и подобрать сварочные материалы
- разработать технологические карты
- рассчитать основные элементы производства

1. Обзор и анализ литературы

Во время выполнения сварочных работ на трубопроводе возможно появление различных дефектов. Для трубопроводов необходим постоянный контроль за соблюдением качества работы, чтобы обеспечить их безопасную эксплуатацию. Сварные швы конструкции тоже требуют периодического контроля, дефекты нарушают герметичность и сплошность стыковых соединений труб. Чтобы выявить дефекты трубопровода и его соединений применяют разные методы контроля. Рассмотрим некоторые причины возникновения дефектов и их обнаружения [7].

1.1 Дефекты нефтепровода

Одной из основных причин снижения надежности магистрального нефтепровода является образование и накопление дефектов на секциях трубопровода. Любые отклонения от нормативных документов, начиная от нарушения проходного сечения и заканчивая царапинами, будут считаться дефектами и в дальнейшем могут привести к аварии на магистральном трубопроводе.

Согласно нормативной технической документации (СТО Газпром Газпром 2-2.2-136-2007г. [8], ГОСТ Виды дефектов при дуговой сварке 2012г. [9]) дефекты секций магистральных газо и нефтепроводов можно классифицировать:

- 1) дефекты определенного вида на участке секции;
- 2) комбинированные дефекты на участке секции;
- 3) дефекты определенного вида в области сварных швов;
- 4) дефекты секций с двумя и более ремонтными конструкциями.

Дефекты определенного вида на участке секции Дефекты, имеющие минимальное расстояние от границы одного дефекта до границы другого или до линии перехода шва к основному металлу больше значения четырех

толщин стенки трубы называются дефектами определенного вида на участке секции. К ним относятся:

- 1) дефекты геометрии трубы;
- 2) дефекты сварного соединения;
- 3) дефекты стенки трубы;
- 4) недопустимые соединительные детали.

1.2 Причины разрушения, повышение хладостойкости и эксплуатационной прочности сварных соединений газопроводов в условиях северо-востока России

Сварочные напряжения относятся к напряжениям I рода – макронапряжения, уравновешенные в пределах областей, размеры которых соизмеримы с размерами изделия. Определение полей остаточных сварочных напряжений в конструкциях является весьма сложной инженерной задачей, требующей самостоятельного исследования [7].

Механизм формирования сварочных деформаций и напряжений имеет ряд особенностей.

Во-первых, это особенности, связанные со спецификой нагрева подвижным высококонцентрированным источником тепла. При таком нагреве температура в теле распределяется по достаточно сложным законам в пространстве и времени и, кроме того, меняется от температуры окружающей среды до температуры плавления свариваемого металла. Широкий диапазон изменения температуры сопровождается значительными изменениями физических и механических свойств материала в зоне нагрева, распределяющимися в пространстве и времени [12-16].

Во-вторых, процесс нагрева и охлаждения при сварке всегда сопровождается неупругими деформациями материала в зоне интенсивного нагрева, механизм которых может меняться по мере нагрева или охлаждения

данного участка среды (мгновенная пластичность, диффузионная пластичность и т. д.).

В-третьих, факторы геометрического происхождения. Они отражают размеры и форму свариваемых конкретных изделий. Здесь особенно следует отметить пространственную многомерность деформационных процессов при сварочном нагреве, а также многообразии форм и размеров свариваемых изделий [7].

А также на образующееся поле сварочных напряжений могут влиять технология сварки (режимы и последовательность сварки), наличие сварочных дефектов и другие условия. Вследствие вышесказанных особенностей процесса формирования сварочных деформаций и напряжений методы их расчета используют упрощения [7].

Несмотря на большой прогресс в области расчетных методов определения ОСН, трудно учитывать в них многочисленные конструктивно-технологические и эксплуатационные факторы, влияющие на их распределение. В связи с этим возникает необходимость в применении экспериментальных методов (разрушающих и неразрушающих) исследования ОСН [7].

Основным недостатком разрушающих методов является то, что при измерении остаточных напряжений требуется полное или частичное разрушение объекта, что не всегда возможно в реальных конструкциях. Хотя частично разрушающие методы позволяют сохранить изделие, этот метод опасно и трудно практиковать в условиях низких климатических температур, так как появление любого концентратора в этих условиях в зонах сварных соединений повышает склонность к хрупкому разрушению конструкции. С другой стороны, последующее устранение созданного концентратора для измерения остаточных напряжений требует дополнительных разработок, направленных на исключение возникновения дополнительных напряжений при выполнении ремонтных работ в условиях отрицательных температур [7].

Неразрушающие методы основаны на физических принципах и позволяют определять остаточные напряжения без разрушения детали. Под действием остаточных напряжений происходит изменение параметров материала. Наиболее известными физическими методами определения остаточных напряжений являются – рентгеновские, ультразвуковые и магнитные [7].

1.3 Основные факторы, влияющие на работоспособность сварных соединений

Термодеформационный цикл сварки оказывает интенсивное воздействие на структуру и напряженно-деформированное состояние металла, возможно появление технологических и конструктивных концентраторов напряжений, это обуславливает существенному накоплению поврежденности в зоне сварного соединения.

Неблагоприятные структурные изменения в околошовной зоне (образование охрупчивающих фаз при полной и частичной закалке, рост зерна в зоне перегрева) могут способствовать снижению пластичности и ударной вязкости сварного соединения, а также образованию горячих и холодных трещин. Негативное влияние на свойства ЗТВ оказывает неоднородность химического и структурного состава свариваемых сталей на участках неполного расплавления, перегрева, нормализации, неполной перекристаллизации и рекристаллизации. В целом, структура различных участков сварного соединения сложным образом зависит от ряда определяемых технологическим процессом сварки факторов, среди которых можно указать уровень и характер распределения максимальных температур, тепловложение, погонную энергию, скорость охлаждения, число проходов и др. Обзор литературы [7,11,12] по проблеме обеспечения работоспособности сварных соединений позволяет выделить основные факторы обусловленные сваркой, приводящие к их разрушению: - технологические дефекты сварки; -

неоднородность свойств сварного соединения; - остаточные сварочные напряжения (ОСН)[7].

1.4 Интегрированная система неразрушающего контроля качества сварных соединений труб магистральных газопроводов «УНИСКАН МТ»

Неразрушающий контроль (НК) качества сварных соединений физическими методами имеет одну общую ключевую особенность, которая хорошо известна специалистам. Физические методы контроля – косвенные, т. е. средства контроля фиксируют параметры физических полей, взаимодействующих с дефектами, и на основании зарегистрированных параметров делается заключение о размерах и положении дефектов. При этом выявляемость дефекта зависит от конкретного сочетания его ориентации, вида, а также примененного физического метода. Использование нескольких методов контроля позволяет существенно повысить выявляемость дефектов [17-20].

Дополнительное преимущество имеет подход к контролю качества сварных соединений, при котором рассмотрение результатов контроля, полученных с применением различных физических методов, осуществляется совместно с учетом возможностей и ограничений всех методов контроля. Нормы, по которым дается оценка качества сварного соединения с использованием методики совместного рассмотрения, разрабатываются с учетом возможностей конкретных методов контроля и предполагают, что преимущество в отбраковке имеет тот метод, который в данном случае наиболее информативен и точен. Такой подход не только позволяет снизить перебраковку, но и дает возможность более точно определить характер, вид дефекта, а также оценить степень его опасности [17].

Существующая практика НК кольцевых сварных соединений трубопроводов большого диаметра предполагает проведение визуального и измерительного контроля (ВИК) каждого соединения на первом этапе. В

случае если по результатам ВИК стык признан годным, выполняется радиографический контроль (РК) на пленку и (или) автоматизированный, механизированный или ручной ультразвуковой контроль (УЗК) [17].

При использовании рентгеновской пленки съемка стыка и получение готового изображения (химическая обработка пленки) разнесены во времени и пространстве, поэтому специалист, выполняющий расшифровку радиографического изображения, лишен возможности непосредственного доступа к сварному соединению и не может произвести дополнительный визуальный осмотр для уточнения результатов РК. Для сопоставления данных ВИК, РК и УЗК и принятия взвешенного решения о годности сварного соединения требуется свести воедино данные, представленные в разных форматах [17].

В то время как системы автоматизированного цифрового УЗК сварных соединений магистральных газопроводов (МГ) внедрены и используются достаточно давно, РК и ВИК до сих пор проводились в трассовых условиях методами, не допускающими обработки, представления и хранения данных в цифровом формате [17].

Современные методы диагностики.

Существенный прогресс в развитии цифровой радиографии позволил плоскопанельным цифровым рентгеновским детекторам полностью вытеснить пленочную радиографию в медицине. Промышленное применение цифровых детекторов до недавних пор ограничивались заводскими поточными линиями. Например, РК продольного сварного шва уже несколько лет выполняется только методами прямой цифровой радиографии [17].

Многочисленные попытки решения задачи переноса технологии цифровой радиографии в трассовые условия привели к созданию в России удобной конструкции, позволяющей специалистам получить в трассовых условиях при контроле МГ такие преимущества прямой цифровой радиографии, как мгновенное получение результата, высокое качество

радиографического изображения, сокращение во многих случаях дозы излучения и времени контроля [17].

Расшифровка радиографического изображения на мониторе компьютера с использованием современного программного обеспечения во многом облегчает оператору поиск и описание дефектов за счет возможности увеличения изображения, его фильтрации, подчеркивающей дефекты, процедур измерения поперечных и продольных размеров дефектов [17].

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 [17].

На трассе внедрены конструкции, позволяющие проводить контроль по схемам как через одну, так и через две стенки (рисунки 1.1 и 1.2). Практика показала, что цифровая радиография по схеме через две стенки приносит пользователю, помимо уже упомянутых преимуществ, возможность сокращения времени контроля до нескольких раз [17].



Рисунок 1.1 Комплекс цифровой радиографии «УНИСКАН МТ». Контроль по схеме «Панорамно» на строительстве МГ «Сила Сибири», этап 2.7, участок 1636–1817,9 км, май 2018 г. Труба 1420 × 21,7–25,8 мм, время монтажа/демонтажа комплекса 3–5 мин, время контроля 200–220 с



Рисунок 1.2 Комплекс «УНИСКАН МТ». Контроль по схеме «Фронтально» (через две стенки) на строительстве МГ «Сила Сибири», этап 2.7, участок 1636–1817,9 км, май 2018 г. Труба 1420 × 21,7 мм, время монтажа/демонтажа комплекса 5-7 мин, время контроля сварного соединения 21 мин.

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 1.3). В основе модуля автоматизированного визуального и измерительного 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 [17].

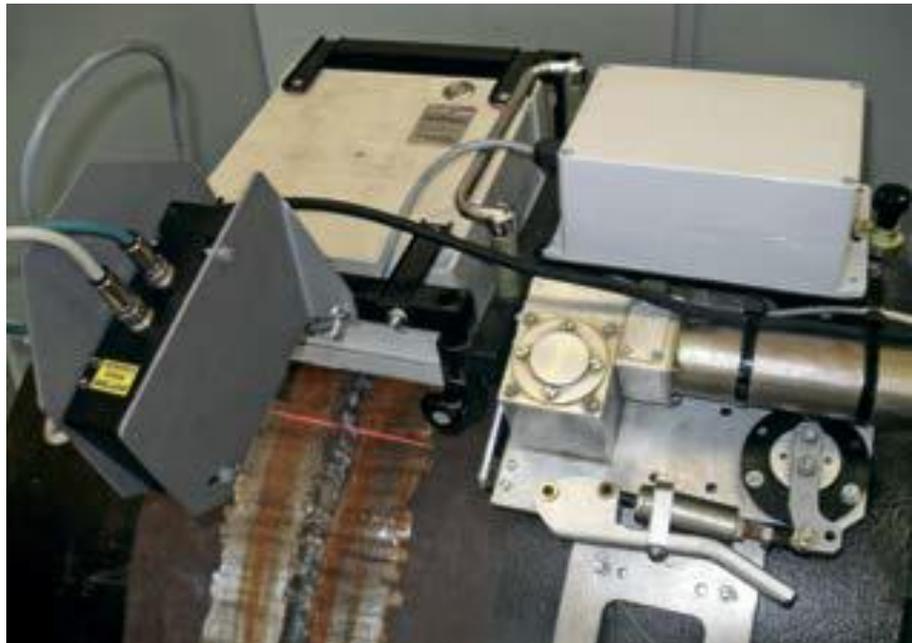


Рисунок 1.3 Дополнительный модуль АВИК «ВИЗИО МТ», установленный на блок детектора комплекса «УНИСКАН МТ». Время сканирования сварного соединения DN1400 – 2 мин. Параметры формы и размеров сварного соединения измеряются в соответствии с СТО Газпром 2-2.4-083–2006г.

Конструкция работающих на трассе систем УЗК также позволяет установить их на направляющий пояс, обеспечив плавное и аккуратное движение системы точно вдоль сварного соединения (рисунок 1.4).

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. Основным методом 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 [17].



Рисунок 1.4 Модуль автоматизированного УЗК, установленный на каретку комплекса «УНИСКАН МТ», запуск и управление с помощью пульта. Труба $1420 \times 21,7$ мм, время сканирования 3–5 мин, методы – дифракционно-временной (TOFD) и контроль датчиками головной волны (UT), количество каналов – 4, скорость сканирования – до 50 мм/с.

1.5 Актуальные вопросы сварки неповоротных стыков трубопроводов в монтажных условиях

Согласно целевой комплексной научно-технической программе развития сварочного производства ОАО «Газпром» на период 2020-2025 гг. актуальной проблемой в трубопроводном строительстве является создание отечественных высокопроизводительных технологий автоматической дуговой сварки труб большого диаметра. В настоящее время хорошим резервом успешного решения этих задач является переход на управляемые импульсные технологии сварки и разработка цифровых адаптивных автоматизированных комплексов для дуговой сварки [21].

В предлагаемых инновационных импульсных технологиях первоочередной задачей при сварке трубопроводов в монтажных условиях является разработка технологии сварки корня шва на весу. От качества выполнения корневого прохода в значительной степени зависят все эксплуатационные характеристики будущего трубопровода. Требовалась высокопроизводительная технология сварки, обеспечивающая, во-первых, стабильный управляемый процесс переноса электродного металла с малым

разбрызгиванием, и, во-вторых, процесс бездефектного формирования шва в различных пространственных положениях при орбитальном обходе сварочной горелкой неповоротного стыка трубы. Решение первой задачи обеспечено разработкой рядом отечественных и зарубежных фирм быстродействующих инверторных источников питания с цифровым управлением в цикле сварки формами кривых тока и напряжения дуги по адаптивным алгоритмам. Решение второй задачи – качественного формирования шва при корневом проходе – связано с разработкой и внедрением новых адаптивных к изменению параметров режима и аномалиям геометрии сборки стыка, изменениям его пространственного положения импульсных технологий, обеспечивающих устойчивый стабильный процесс сварки короткой дугой с увеличенным вылетом на электроде в стандартную и узкую разделку кромок [21].

Неточности в технологии сборки и сварки стыков трубопроводов не позволяют до настоящего времени внедрить данные технологии без участия в процессе квалифицированного оператора-сварщика. Сварщик по-прежнему является прямым участником реализации технологического процесса. Он корректирует положение сварочной горелки и режимы сварки в различных пространственных положениях, при изменении зазора в стыке, перекосе и депланации кромок, изменении геометрии и координатном смещении стыка. Новые импульсные технологии позволяют повысить на 20-30 % производительность процесса сварки, но достигнуть высокого качества процесса сварки в автоматическом режиме без участия в процессе оператора-сварщика пока не удастся. Применение при сварке кольцевых стыков труб импульсных технологий и адаптивного сварочного оборудования на базе современных инверторных источников с режимами Synergic – основной путь технического решения по переходу от механизированной сварки к высокопроизводительным автоматическим способам сварки при монтаже* строительстве трубопроводов [21].

В последние годы при сварке магистральных трубопроводов с использованием импульсных технологий определенных успехов по производительности и качеству достигли ряд отечественных и зарубежных фирм, разработавшие новые импульсные технологии: УКЛ (Технотрон, Россия); ВКЗ (ИТС, Россия); STT (Lincoln Electric, США); SteelRoot (Fronius, Австрия); WiseRoot (Kemppi, Финляндия); SpeedRoot (Lorch, Германия); rootArc (EWM, Германия) [22].

Система автоматической сварки «CRC-Evans AW» предназначена для двусторонней сварки неповоротных стыков труб диаметром 630 — 1420 мм. В ней реализован процесс сварки тонкой электродной проволокой сплошного сечения в среде защитных газов. Конструкция и состав оборудования обеспечивают комплексное решение автоматизации сварки неповоротных стыков линейной части магистральных нефтепроводов, основанное на следующих технологических подходах [23]:

- повышение производительности сварки за счет уменьшения объема наплавленного металла при использовании специальной узкой разделки и сборки без зазора кромок в сочетании с повышенным коэффициентом наплавки при сварке тонкой электродной проволокой;

- использование быстродействующего пневматического центриатора и сокращение времени сборки стыка, так как нет необходимости устанавливать зазор;

- сокращение времени сварки корня шва за счет применения многоголовочного сварочного автомата;

- обеспечение высокого темпа производства работ на трассе магистрального трубопровода за счет высокой скорости сварки и совмещения сварки корневого шва и «горячего» прохода;

- компенсация неточностей сборки, обеспечение гарантируемого качества корневого слоя и всего шва в целом за счет применения процесса двусторонней сварки.

Система автоматической сварки CRC-Evans является специально

разработанной системой для двусторонней сварки неповоротных стыков труб при сооружении линейной части магистральных трубопроводов в среде защитного газа проволокой малого диаметра [23].

Время на перемещение оборудования — это время между окончанием сварки корня шва на одном стыке и началом сварки корня шва на следующем. Время цикла — это время на перемещение оборудования плюс время, необходимое для сварки корня шва. Расчётная производительность сварки для наземных трубопроводов может достигать более 20-ти стыков в час — в зависимости от диаметра трубы. Реальные цифры, основанные на практическом опыте сварки в полевых условиях, как правило, колеблются в пределах 8-15 стыков в час.

За последнее время с помощью систем CRC-Evans Automatic Welding было установлено несколько мировых рекордов скорости сварки. В частности, в 2000-м году на проекте в Турции при сварке трубопровода «Голубой поток» диаметром мм с толщиной стенки 14,3мм был достигнут показатель 207 стыков в смену (продолжительность смены -12 часов). В Канаде сварка труб 1220мм с толщиной стенки 15,7мм составляет 16-18 стыков в час (160-180 стыков в смену). В 1997/98гг. на участках трубопровода Ямал-Западная Европа производительность колонны CRC-Evans AW достигала 8-10 стыков в час (80-100 стыков в смену) на трубе 1420мм с толщиной стенки 21,7мм [23].

Заключение

Проведенный обзор информационных источников позволил выделить основные направления повышения эффективности изготовления магистральных трубопроводов:

- в области сварочного производства использование системы автоматической сварки «CRC-Evans AW» [23];
- в области неразрушающего контроля использование интегрированной системы неразрушающего контроля качества сварных соединений «УНИСКАН МТ» [17].

2. Объект и методы исследования

2.1 Описание сварной конструкции

В выпускной квалификационной работе рассматривается изготовление магистрального трубопровода. Рассматривается изготовление плети из труб диаметром 720 мм и толщиной стенки 21,2 мм, материал труб сталь 17ГС1 (класс прочности к54) поставляется в соответствии ТУ 1381-012-05757848-2005.

Трубы закапываются в траншею и подвергается непосредственному воздействию влаги. В процессе эксплуатации возможен ремонт сваркой отдельных частей конструкции.

2.2 Требования НД, предъявляемые к конструкции

Магистральный трубопровод согласно перечню групп технических опасных устройств производственных объектов, сварка которых осуществляется аттестованными сварщиками с применением аттестованных сварочных материалов, сварочного оборудования и технологий сварки относится к группе технических устройств Нефтегазодобывающее оборудование (НГДО) (Утвержден решением НТС НАКС протокол №17 от 20.03.2007 г), а предприятие АО «Ачинский нефтеперерабатывающий завод Восточной нефтяной компании» работает по НТД [8].

2.2.1 Подготовка кромок

Осмотреть неизолированный участок поверхности труб, примыкающий к торцу и кромки труб.

Царапины, риски, задиры на наружной поверхности неизолированных торцов труб глубиной до 5,0% от номинальной толщины стенки (0,89мм), но не более минусового допуска на толщину стенки устранить шлифованием с плавным переходом к основному металлу.

Не разрешается производить ремонт любых повреждений поверхности трубы, включая вмятины на концах труб, забоины и задиры фасок кромок.

Поврежденный участок трубы должен быть обрезан, а резанные торцы должны быть обработаны специализированным станком до восстановления требуемой разделки кромок. При этом металл резанных кромок должен быть удален станком PFM на глубину не менее 1,0 мм [8].

После обрезки (вырезки) участка с недопустимыми дефектами с целью выявления возможных расслоений следует выполнить ультразвуковой контроль сплошным сканированием всего периметра участка трубы, прилегающего к торцу на ширине не менее 40 мм. Если в процессе УЗК выявлено наличие расслоений, следует обрезать трубу на расстоянии не менее 300 мм от торца и произвести повторный контроль всего периметра трубы [8].

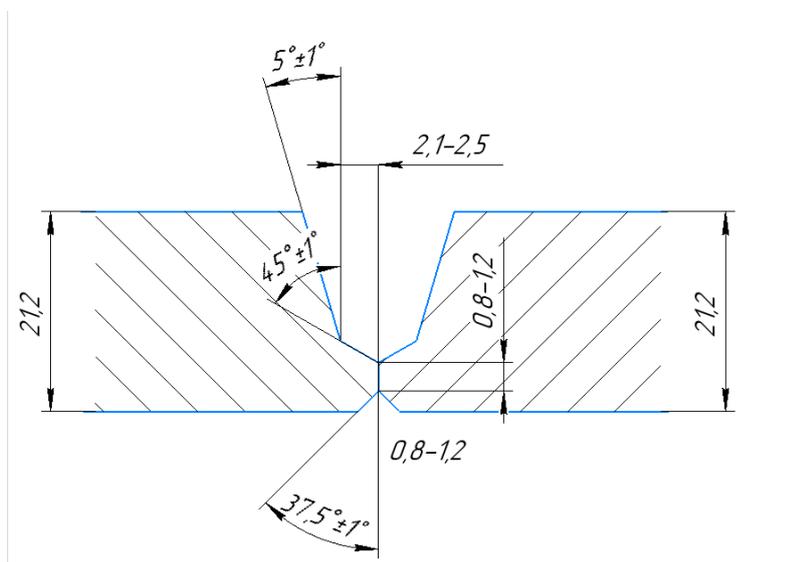


Рисунок 2.1 Разделка кромок под сварку

Наружное усиление заводского шва со шлифовать с поверхности трубы до высоты 0,5-1,0 мм на расстоянии 10-15 мм от торца трубы.

Зачистить до чистого металла кромки и прилегающие к кромкам внутреннюю и наружную поверхности трубы на ширину не менее 10-15 мм [8].

Установить с помощью специального шаблона на поверхности трубы направляющий пояс для наружных сварочных автоматов [8].

2.2.3 Требования к сборке сварного соединения

Сборку стыка производить на специальном внутреннем центраторе фирмы CRC-EVANS AW [8].

Заводские швы труб следует смещать относительно друг друга на расстояние не менее, чем на 100мм, при этом они должны располагаться в верхней половине периметра стыка.

Установить центратор таким образом, чтобы внутренние сварочные головки (автоматы) располагались в плоскости стыка.

Осмотреть внутренние сварочные головки, откорректировать их положение и настроить параметры режима сварки [8].

Собрать стык без зазора. Допускается локальный зазор в собранном стыке не более 0,5 мм на участках соединения длиной до 100 мм. Величина наружного смещения кромок в собранном стыке не должна превышать 2,0 мм. Допускаются локальные смещения кромок до 3,0мм при общей протяженности участков с указанными смещениями не более 1/6 периметра свариваемого соединения [8].

2.2.4 Требования к сварке

Установить на направляющий пояс правую и левую сварочные головки для сварки горячего прохода. Произвести настройку режимов сварки.

Выполнить автоматическую сварку корневого шва много головочным автоматом (IWM) - последовательно на правом и левом полупериметрах трубы.

Одновременно произвести автоматическую сварку «горячего прохода» на правом и левом полупериметрах трубы на участках периметра сварного соединения, где был выполнен внутренний (корневой) слой. Сварку горячего прохода следует начинать после того, как внутренними головками будут сварены участки внутреннего корневого шва протяженностью не менее 250мм, при этом одна сварочная головка выполняет сварку в положении от 0⁰⁰ч до 6⁰⁰ч, другая в положении от 12⁰⁰ч до 6⁰⁰ч. [8].

После окончания сварки «горячего прохода» сдвинуть центратор внутрь трубопровода и осмотреть корневой шов. Внутренний слой шва (корневой) сваренный внутренним много головочным автоматом должен быть выполнен с плавным переходом к основному металлу без образования подрезов по кромкам и иметь усиление от 1,0 до 3,0мм. В случае возникновения отказа одной или нескольких сварочных головок много головочного автомата в процессе выполнения внутреннего (корневого) слоя шва следует [8]:

- повторно включить отказавшие сварочные головки для сварки пропущенных участков;
- в случае повторного отказа выполнить сварку первого наружного слоя (горячего прохода) наружными сварочными головками на участках периметра сварного шва, где был выполнен внутренний (корневой) слой;
- сдвинуть внутренний центратор внутрь нефтепровода и выполнить сварку на участках периметра сварного соединения, на которых произошел отказ сварочных головок много головочного автомата;
- выполнить сварку первого наружного слоя (горячего прохода) наружными сварочными головками на участках периметра сварного соединения, в которых внутренний (корневой) слой шва был выполнен.

Отпуск трубы на инвентарные опоры производить только после завершения «горячего прохода».

Переместить центратор на очередную позицию сборки. Снять с направляющего пояса сварочные головки для сварки «горячего прохода».

Установить на направляющий пояс правую и левую сварочные головки для сварки заполняющих слоев шва. Произвести настройку режимов сварки заполняющих слоев. Выполнить автоматическую двухдуговую сварку заполняющих слоев шва на правом и левом полупериметрах стыкового соединения труб, при этом одна из сварочных головок выполняет сварку в положении от 0⁰⁰ч до 6⁰⁰ч, а другая сварочная головка сначала выполняет сварку в положении от 9⁰⁰ч до 6⁰⁰ч, затем в положении от 12⁰⁰ч до 9⁰⁰ч. Сварка следующего слоя выполняется по противоположной схеме [8].

Снять с направляющего пояса сварочные головки для сварки заполняющих слоев шва.

Установить на направляющий пояс сварочные головки для сварки облицовочного слоя шва. Произвести настройку режимов сварки облицовочного слоя.

Выполнить автоматическую двухдуговую сварку облицовочного слоя в два валика. При этом: валики должны перекрывать друг друга не менее чем на 1/3 часть их ширины; усиление каждого валика облицовочного слоя шва не должно превышать 3,0мм; усиление облицовочного слоя шва по периметру каждой межваликовой канавки должно быть не менее 1,0мм; участки облицовочного слоя с чешуйчатостью, при которой превышение гребня над впадиной составляет более 1,0мм, с превышением усиления шва более 3,0мм, а также при отсутствии плавного перехода от усиления к основному металлу должны быть обработаны механическим способом шлиф машинкой. Места начала сварки и «замки» соседних валиков должны быть смещены один относительно другого не менее чем на 30мм. «Замки» смежных слоев шва должны быть смещены на расстояние не менее 100мм [8].

Амплитуда колебаний сварочной горелки при сварке облицовочного слоя шва должна обеспечивать перекрытие основного металла на величину 1,0-2,0мм. Усиление облицовочного слоя шва – 1,0-3,0 мм.

Места обрыва или прерывания дуги, «замки» при сварке горячего прохода, заполняющих и облицовочного слоев должны быть обработаны механическим способом шлиф машинкой. Снять сварочные головки и направляющий пояс со сварного соединения. Зачистить сварное соединение от брызг металла. Выявленные наружные дефекты удалить шлиф машинкой. Участки с превышением усиления шва более 3,0мм обработать шлиф машинкой или напильником. Выполнить зачистку механическим способом шлиф машинками с набором дисковых проволочных щеток поверхностей труб, прилегающих к облицовочному слою шва от шлака и брызг наплавленного металла на расстоянии не менее 10мм. Накрыть готовое сварное соединение влагонепроницаемым теплоизолирующим поясом до полного остывания [8].

2.2.5 Требования к предварительному подогреву

Осуществить предварительный подогрев кромок стыкуемых труб до температуры не менее $+50^{+30}0^{\circ}\text{C}$ при любой температуре окружающего воздуха с применением установки индукционного нагрева РИН (Курай). В случаях прекращения энергообеспечения или при выходе из строя установки нагрева РИН, допускается выполнять нагрев газопламенными нагревательными устройствами (кольцевыми газовыми подогревателями) до возобновления энергообеспечения или замены вышедшего из строя оборудования, но не более, чем до конца рабочей смены или полного завершения сварного шва [8].

Подогрев не должен нарушать целостность изоляции. При применении газопламенных нагревательных устройств (горелок) следует применять термоизолирующие пояса или боковые ограничители пламени. Подогрев должен быть равномерным по толщине стенки и периметру стыка в зоне

шириной не менее 150 мм (не менее 75 мм в каждую сторону от свариваемых кромок) [8].

Контроль температуры выполнять непосредственно перед выполнением корневого слоя шва в каждой четверти по периметру стыка на расстоянии от 10-15 мм и от 60-75 мм в обе стороны от торца труб [8].

В случае остывания температуры кромок в процессе сборки и сварки первого (корневого слоя шва) ниже температуры $+50^{+30}$ °С необходимо выполнить подогрев до регламентированной температуры предварительного подогрева. При снижении температуры предварительного подогрева свариваемых кромок перед сваркой корневого слоя шва не более, чем на 10°С ниже температуры $+50$ °С, допускается выполнять подогрев газопламенными устройствами (ручными, кольцевыми горелками) [8].

В процессе сварки температура предыдущего слоя сварного шва перед наложением последующего слоя должна быть в интервале от $+50$ °С до $+250$ °С. Если температура опустилась ниже $+50$ °С, следует произвести сопутствующий (межслойный) подогрев до температуры $+50^{+30}$ °С. Допускается для достижения необходимой межслойной температуры применять кольцевые и однопламенные газопламенные горелки. Снять подогреватель [8].

2.2.6 Требования к оформлению документации

НТД на выполнение сварочных работ и проведение НК следует оформлять в соответствии с приведенными ниже документами:

- СТО Газпром 2-2.2-136-2007 «Документы нормативные для проектирования, строительства и эксплуатации объектов ОАО Газпром».
- ГОСТ 2.105-2019г. «Единая система конструкторской документации (ЕСКД).

2.2.7 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 [18]:

- 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 измерительными методами контроля – в объёме 100 % [18].

Порядок проведения визуального и измерительного контроля, геометрические параметры разделки кромок сварных соединений приведены в разделе 8 настоящего стандарта [18].

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 [18].

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 [18].

ВИК проводят в соответствии с технологической картой контроля, утвержденной руководителем организации [18].

ВИК должен выполняться до проведения неразрушающего контроля сварного соединения физическими методами [18].

При доступности ВИК основного металла и сварных соединений следует выполнять не только с наружной, но и с внутренней стороны сборочного элемента [18].

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 [18].

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 [18].

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 [18].

УЗК в соответствии с требованиями раздела 1 подвергают сварные соединения газопроводов, выполненные всеми видами автоматической, полуавтоматической и ручной электродуговой сварки плавлением и газокислородной сваркой [18].

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 [18].

Порядок предусматривает применение оборудования для ручного УЗК с использованием дефектоскопов с регистрацией и документированием результатов контроля [18].

Порядок предусматривает проведение УЗК эхометодом совмещенными наклонными, прямыми (совмещенными или отдельно совмещенными) ПЭП контактным способом [18].

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 [18]:

- обнаружение и фиксацию несоответствующих нормам дефектов согласно настоящего стандарта; - 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 «В»);

- 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 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 [18].

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», и не должна превышать значений, приведенных в таблице 2.1 [18].

Таблица 2.1. Требования к чувствительности радиографического контроля

Класс чувствительности	Радиационная толщина (в месте установки эталона чувствительности), мм
	Свыше 20 до 30 включ.
	Требуемая чувствительность, мм
II	0,50
III	0,60

Величина оптической плотности рентгеновского снимка согласно ГОСТ 7512-82 в зоне сварного соединения (на сварном шве) должна быть не менее 1,5 единиц оптической плотности (дальне - е.о.п.). Верхний предел е.о.п. при использовании технических рентген плёнок может превышать 4 е.о.п. и ограничен лишь устройствами для просмотра снимков.

Нормы оценки качества сварного соединения для кольцевых сварных соединений по данным радиографического контроля приведены в разделе 7 [18].

2.3 Методы и средства проектирования

Проектирование – это практическая деятельность, целью которой является поиск новых решений, оформленных в виде комплекта документации. Процесс поиска представляет собой последовательность

выполнения взаимообусловленных действий, процедур, которые, в свою очередь, подразумевают использование определенных методов. Методы проектирования, применяемые в выпускной квалификационной работе.

Обзор литературы – это часть исследования, в которой был рассмотрен обзор существующей литературы по теме современные методы контроля сварки.

Необходимо подобрать технологические режимы. Расчетным методом рассчитываются техническое и материальное нормирование операций, экономическая часть.

Проектировочным методом был спроектирован участок сборки-сварки плети трубопровода. Чертеж участка сборки-сварки выполнялся в программе Компас-3D. Данная программа выпускается компанией АСКОН.

2.4 Постановка задачи

Цель работы. Разработка технологии сборки и сварки магистрального нефтепровода из труб диаметром 720 мм

Для достижения поставленной цели необходимо выполнить следующие задачи:

- провести литературный обзор по теме квалификационной работы;
- разработать технологию сборки и сварки магистрального трубопровода
- подобрать режимы сварки и подобрать сварочные материалы
- разработать технологические карты
- рассчитать основные элементы производства

3. Разработка технологического процесса

3.1 Анализ исходных данных

3.1.1 Основные материалы

В пункте 2.1 сказано, что трубы изготавливаются из стали 17Г1С. Химический состав и механические свойства стали 17Г1С приведен в таблицах 3.1 и 3.2.

Таблица 3.1 – Химический состав стали 17Г1С, % (ТУ 1381-012-05757848-2005) [25]

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

Таблица 3.2 – Механические свойства стали 17Г1С по ТУ 1381-012-05757848-2005) [25]

ТУ	Состояние поставки	Диаметр, мм	σ_T , Мпа	σ_B , Мпа	δ_5 , %
14-3-1573-96	Трубы электросварные прямошовные нефтегазопроводные в состоянии поставки	720	≥ 350	≥ 510	≥ 20

Для изготовления трубы для подземных магистральных трубопроводов используют сталь – ТУ 1381-012-05757848-2005– конструкционная низколегированная сталь.

Условное обозначение трубы: Труба ХЛ – 3 – 720x21,2 – К54 – ОТО.

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

3 – прямошовные трубы, \varnothing от 530 – 1420 мм;

720 – диаметр трубы, мм;

21,2 – толщина стенки трубы, мм;

К- 54 – класс прочности материала труб;

Предел прочности, МПа – 530;

Относительное удлинение, % – 2;

ОТО – объемная термическая обработка.

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

Сталь применяется для монтажа трубопроводов, транспортирующих среду с предельным давлением до 75 кг/см², нагреваемых элементов металлоконструкций, несущих и опорных узлов. Низколегированную сталь этой марки применяют для нанесения плакирующего слоя при изготовлении многослойных стальных листов устойчивых к коррозионному воздействию. Из стали 17Г1С изготавливают:

- электросварные и бесшовные трубы;
- водогрейные и паровые котлы;
- нефтепроводы и газопроводы;
- теплообменные аппараты;
- отводы, переходы, фланцы и другие фасонные детали трубопроводов;
- различные виды стального гнутого проката;
- детали вагонов, автомобилей и специальной техники.

Магистральные трубопроводы, изготовленные из стали 17Г1С (М01) согласно НТД [8] можно сваривать следующими способами сварки:

1. Двухсторонняя автоматическая сварка под слоем флюса;
2. Автоматическая двухсторонняя в среде защитных газов CRC Evans;
3. Автоматическая односторонняя в среде защитных газов головками PWT+RMS;
4. Автоматическая односторонняя на медной технологической подкладке в среде защитных газов;
5. Автоматическая сварка проволокой сплошного сечения в среде углекислого газа с управляемым переносом капель через дуговой промежуток;
6. Механизированная с управляемым переносом капель через дуговой промежуток;
7. Ручная электродуговая;
8. Ручная аргонодуговая.

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

Для определения стойкости металла против образования трещин определяют эквивалентное содержание углерода по формуле [28]:

$$C_{\text{экв}} = C + \left(\frac{Mn}{6}\right) + \left(\frac{Cr + Mo + \sum(V + Ti + Nb)}{5}\right) + \left(\frac{Cu + Ni}{15}\right) + 15 \cdot B, \quad (3.1)$$

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

Если углеродный эквивалент $C_{\text{экв}}$ больше 0,45 процентов, то для обеспечения стойкости около шовной зоны против образования около шовных трещин и закалочных структур следует применять предварительный подогрев, а в ряде случаев и последующую термообработку свариваемого металла.

Рассчитаем эквивалентное содержание углерода [8] для стали 17Г1С:

$$C_{\text{экв}} = 0,15 + \left(\frac{1,15}{6}\right) + \left(\frac{0,3 + 0 + \sum(0,12 + 0 + 0)}{5}\right) + \left(\frac{0,3 + 0,3}{15}\right) + 15 \cdot 0 = 0,41\%.$$

Сталь 17Г1С сваривается с помощью предварительного подогрева $+100^{+30}\text{°C}$, так как эквивалентное содержание углерода составляет 0,41% (смотри таблицу 3.3).

Таблица 3.3 – Температура предварительного подогрева механизированной сварке проволокой сплошного сечения в углекислом газе первого (корневого) слоя шва

Эквивалент углерода основного металла ($C_{\text{э}}$), %	Температура предварительного подогрева ($^{\circ}\text{C}$) при толщине свариваемых элементов								
	до 8,0 включ.	св. 8,0 до 10,0 включ.	св. 10,0 до 12,0 включ.	св. 12,0 до 14,0 включ.	св. 14,0 до 16,0 включ.	св. 16,0 до 18,0 включ.	св. 18,0 до 20,0 включ.	св. 20,0 до 27,0 включ.	св. 27,0
До 0,41 включ.					-35 $^{\circ}\text{C}$	-15 $^{\circ}\text{C}$	0 $^{\circ}\text{C}$		
Св. 0,41 до 0,46 включ.				-15 $^{\circ}\text{C}$	+5 $^{\circ}\text{C}$				

	– подогрев до $+50^{+30}\text{°C}$ при температуре окружающего воздуха ниже $+5\text{°C}$ и/или наличии влаги на концах труб;
-35 $^{\circ}\text{C}$	– подогрев до $+100^{+30}\text{°C}$ при температуре окружающего воздуха ниже указанной и до $+50^{+30}\text{°C}$ при температуре окружающего воздуха ниже $+5\text{°C}$ и/или наличии влаги на концах труб;
	– подогрев до $+100^{+30}\text{°C}$ независимо от температуры окружающего воздуха;
	– подогрев до $+150^{+30}\text{°C}$ независимо от температуры окружающего воздуха.

3.1.2 Обоснование и выбор способа сварки

Согласно регламентирующего документа [8] для изготовления магистрального трубопровода на объектах ПАО «Газпром» разрешены способы сварки (смотри пункт 3.1.1). При разработке технологии следует выбирать из ряда разрешенных способов сварки, при этом во всех случаях

следует отдавать предпочтение технологиям автоматической, механизированной сварки.

Проведенный обзор литературы (смотри пункт 1.5) позволил установить целесообразность использования двухсторонней автоматической сварки проволокой сплошного сечения в среде защитных газов комплексом CRC-Evans, с точки зрения максимальной производительности. В выполняемой ВКР данный вид сварки применим при изготовлении магистрального трубопровода.

3.1.3 Выбор сварочных материалов

НТД [8] для двухсторонней автоматической сварки в среде защитных газов проволокой сплошного сечения комплексом CRC-Evans рекомендует применение сварочных материалов:

Сварка корневого слоя и горячего прохода выполняется проволокой сплошного сечения марки TS-6 (Thyssen K-Nova) Ø 0,9мм типа ER70S-G по AWS A5.18 [29].

Назначение и область применения: Омедненная проволока сплошного сечения TS-6 диаметром 0,9 мм применяется для сварки соединений трубопроводов большого диаметра с помощью автоматических комплексов компании CRC-Evans, оборудованных головками P-200 либо P-260, или в аппаратах компании Autoweld Systems с головками EBM [30].

Проволока TS-6 имеет аттестационное свидетельство НАКС и внесена в реестр сварочных материалов ПАО «Газпром» - 2017г. Химический состав и механические свойства наплавленного металла представлены в таблицах 3.4 и 3.5.

Таблица 3.4 - Химический состав наплавленного металла, % [30]

C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	Cu	V	Ti
0,08	0,74	1,62	0,010	0,007	0,04	<0,1	0,03	0,11	0,01	0,07

Таблица 3.5 - Механические свойства наплавленного металла [30]

T, °C	σ_T , МПа	σ_B , МПа	Удлинение δ , %	T, °C	Ударная вязкость КСУ, МДж/см ²
Защитный газ – ISO 14175- M20-ArC-15					
RT	549	624	27	-20	186
				-40	159
Защитный газ – ISO 14175- C1					
RT	508	593	28	-20	105
				-40	57

Оптимальный химический состав легирующих добавок проволоки TS-6 обеспечивает высокое качество сварного шва как при монтаже наземных нефтегазовых магистралей, так и при укладке морских трубопроводов [30].

Рекомендации по сварке:

Омедненная проволока сплошного сечения TS-6 используется для корневых, заполняющих и облицовочных проходов сварного шва при стыковке труб из сталей, имеющих нормативный предел прочности до 588 Мпа [30].

Сварка неповоротных кольцевых стыковых соединений производится в среде защитного газа следующих составов [30]:

для корневого слоя шва – ISO 14175-M21-ArC-25;

горячего прохода – ISO 14175- C1;

В качестве защиты сварочной дуги при сварке корневого слоя шва применяется готовая смесь ISO 14175-M21-ArC-25

Используемые в смеси защитные газы должны соответствовать требованиям ГОСТа 8050-85 для сорта «Высший» (углекислый газ) и ГОСТа 10157-79 для сорта «Высший» (аргон). Технические характеристики сварочных смесей представлены в таблице 3.6 [30]:

Таблица 3.6 – Технические характеристики [30]

Параметры	Значение параметра		
Массовая доля влаги, %	Не более 0,008		
Объёмная доля азота, %	Не более 0,01		
Объёмная доля углекислого газа, %	15±1,5	25±2,5	50±5
объёмная доля, %	Остальное	Остальное	Остальное

В качестве защиты сварочной дуги при горячем проходе используется 100% CO₂.

Сварка заполняющих и облицовочного слоев шва выполняется проволокой сплошного сечения марки К-600 Ø1,0мм типа ER70S-6 по AWS A5.18. [29].

Сварочная проволока сплошного сечения К-600 используется в автоматических комплексах американской компании CRC-Evans, оборудованных головками Р-600 или Р-700, которые применяются для стыковки секций магистральных труб значительного диаметра. Она имеет свидетельство НАКС и внесена в реестр сварочных материалов ПАО «Газпром» - 2017г. Химический состав и механические свойства представлены в таблицах 3.7 и 3.8. [30]

Таблица 3.7 – Химический состав наплавленного металла, % [30]

C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	Cu	V	Al	Ti	Zr
0,07	0,95	1,69	0,009	0,008	0,04	0,01	0,04	0,13	0,01	0,02	0,01	0,01

Таблица 3.8 - Механические свойства наплавленного металла [30]

T, °C	σ_T , МПа	σ_B , МПа	Удлинение δ , %	T, °C	Ударная вязкость КСУ, МДж/см ²
RT	565	651	28	-20	163
				-40	128

Рекомендации по сварке

Проволока К-600 применяется для корневых, облицовочных и заполняющих проходов сварного шва при стыковке секций трубопроводов из сталей, имеющих нормативный предел прочности до 588 Мпа [30].

Сварка производится в среде защитного газа. При работе со сварочной проволокой К-600 рекомендуется использовать следующие составы [30]:

для корневого прохода — ISO 14175-M21-ArC-25;

горячего — ISO 14175- C1;

облицовочного и заполняющего — ISO 14175- M20-ArC-15.

Кроме монтажа магистральных трубопроводов большого диаметра, проволока К-600 широко используется в сварочных работах при монтаже металлоконструкций повышенной сложности [30].

Для защиты сварочной дуги при сварке облицовочного и заполняющих слоев шва используется сварочная смесь – ISO 14175- M20-ArC-15.

3.2 Выбор технологических режимов

Магистральный трубопровод относится к опасным технологическим объектам (Нефтегазодобывающее оборудование) в связи с этим выбор параметров режимов сварки строго регламентируется руководящей документацией организации производящей строительства объекта, в нашем случае ПАО «Газпром». Режимы сварки выбираются согласно НТД [8]. Режимы двухсторонней автоматической сварки стыков труб из низкоуглеродистых и низколегированных сталей с использованием комплексом CRC - Evans приведены в таблице 3.9 [8].

Таблица 3.9 – Режимы двухсторонней автоматической сварки комплексом CRC- Evans [8]

Параметры	Наименование слоя шва				
	Корневой слой (внутренний)	«Горячий проход» (П - 260)	Заполняющие слои (П - 600)	Последний заполняющий слой (П - 600)	Облицовочный (П - 600)
	(IWM)				
Направление сварки	На пуск	На пуск	На пуск	На пуск	На пуск
Диаметр проволоки, мм	0,9	0,9	1,0	1,0	1,0
Скорость подачи проволоки, см/мин	965±25%	1270±25%	1095±25%	955±25%	765±25%* 995±25%**
Род тока, полярность	Постоянный, обратная	Постоянный, обратная	Постоянный, обратная	Постоянный, обратная	Постоянный, обратная

Продолжение таблицы 3.9

Сила тока, А	170-210	220-270	190-230	180-220	150-220
Напряжение на дуге, В	19,0-22,0	23,0-26,0	21,0-25,0	22,0-25,0	18,0-23,0
Скорость сварки, см/мин	76±5%	127±10%	44±25%* 52±25%**	38±25%* 46±25%**	34±25%* 43±25%**
Вылет электродной проволоки, мм	9,0	9,5	13,0	13,0	9,5
Защитный газ ***	ISO 14175-M21-ArC-25	ISO 14175-C1	ISO 14175- M20-ArC-15		
Расход газа, л/мин	33-52	33-52	33-52	33-52	33-52
Угол наклона электрода, град (углом вперед)	0-7	0-7	0-7	0-7	0-7
Частота колебаний электрода, мин ⁻¹	-	-	140÷190	140÷190	110-120* 130-160**
Амплитуда колебаний электрода, мм	-	-	По ширине разделки		

* в пространственном положении 10.00-2.00 ч и 4.30-7.30 ч;

** в пространственном положении 2.00-4.30 ч и 7.30-10.00 ч.

*** допускается использование смеси газов ISO 14175-M21-ArC-20, взамен смеси газов ISO 14175-M21-ArC-25.

3.3 Выбор основного оборудования

Выбираем оборудование для двухсторонней автоматической сварки проволокой сплошного сечения в среде защитных газов комплексом CRC-Evans. Согласно СТО, Газпром 2-2.2-136-2007г. при сборке магистрального трубопровода используется много головочный сварочный автомат CRC-Evans IWM, сварочные посты и головки (автоматы) CRC Evans AW (П260, П600), источники питания DC-400; Fronius TPS 3200.

Много головочный сварочный автомат CRC-Evans IWM.

Сварочный автомат IWM (Internal welding machine) производства компании CRC-Evans – это комбинация внутреннего центратора и автоматической много головочной внутренней системы для сварки корня шва. IWM от CRC-Evans – наиболее производительная система для сварки корня шва. Время сварки корня шва 1016-миллиметровой трубы составляет всего 1 минуту. Кроме того, технология внутренней сварки корня шва допускает смещения при сборке стыка (в том числе и значительные) в большей степени, чем технологии внешней сварки корня шва. Технические характеристики представлены в таблице 3.10 [31].

Особенности [31]:

- Сварка производится несколькими головками.
- Отсутствует открытый зазор.
- Сварка осуществляется полностью в автоматическом режиме.
- Корень шва варится изнутри.

Преимущества [31]:

- Высокая производительность.
- Быстрое и точное выравнивание.
- Лёгкость управления.
- Отсутствие риска медных включений.
- Устойчивость к смещениям при сборке стыка.

Таблица 3.10 - Технические характеристики [31]

Параметр	Значение
Скорость вращения кольца, м/мин	0–1,27
Скорость подачи проволоки, м/мин	2,54–12,7
Скорость подачи защитного газа, м3/мин	1,4
Давление защитного газа, атм.	максимальное – 136,09, минимальное – 34,02
Давление воздушной системы, атм.	максимальное – 14,29, минимальное – 11,57

Сварочные автоматы (головки) CRC Evans AW П260 и П600.

Автоматы для сварки плавящимся электродом в среде защитного газа CRC-Evans P260 и П600 предназначены для сварки всех слоев шва неповоротных кольцевых стыковых соединений труб. Для установки сварочной головки на трубу используются направляющие пояса (бандажи) на конкретный диаметр. Существуют направляющие пояса различных конструкций, позволяющие устанавливать головку на трубу без изоляции и с различными типами изоляционного покрытия. Технические характеристики представлены в таблице 3.11 и 3.12 [32].

Использование двухдугового автомата П600 позволяет выполнять сварку заполняющих и облицовочного слоев одновременно двумя дугами. Сварка заполняющих слоев обычно выполняется способом 2 слоя за 1 проход. Сварка облицовочного слоя обычно выполняется в 2 валика.

Преимущества [32]:

- возможность сварки плавящимся электродом проволокой сплошного сечения в среде защитных газов (GMAW, GMAW-P, STT GMAW) проволоками диаметром от 0,6 мм (.023) до 1,14 мм (.045);
- цифровой ввод и управление режимами сварки;

- система автоматического слежения за вылетом горелки;
- возможность ввода режимов в зависимости от пространственного положения на трубе;
- простота подключения к большинству источников питания;
- вывод режимов сварки в реальном времени на цифровой дисплей;
- газовый клапан с возможностью подключения 2-х видов защитного газа;
- прочная и надежная конструкция;
- возможность копирования режимов сварки между автоматами;
- защита режимов сварки от изменений цифровым ключом.

Таблица 3.11 - технические характеристики сварочная головка CRC Evans AW П260

Параметр	Значение
Длина, мм	419
Ширина, мм	508
Высота, мм	381
Вес, кг	15,9
Вес катушки с проволокой, кг	2,7
Питание головки, В	36
Ход горелки по вертикальной оси, мм	63,5
Частота колебаний горелки, мин ⁻¹	0 - 250
Амплитуда колебаний горелки, мм	0 - 19
Время задержки на кромках, с	0 - 0,5
Регулировка угла установки горелки, °	± 10

Скорость подачи проволоки, см/мин	254 – 1778
Скорость сварки, м/мин	0,127 - 1,52
Точность датчика пространственного положения головки, °	± 1°
Температура эксплуатации, °С	от - 40 до + 70

Таблица 3.12 - Технические характеристики сварочная головка CRC Evans AW П600

Параметр	Значение
Длина, мм	622
Ширина, мм	368
Высота, мм	393
Вес, кг	17,7
Ход горелки по вертикальной оси, мм	50,8
Питание головки, В	36
Частота колебаний горелки, мин ⁻¹	0 - 220
Амплитуда колебаний горелки, мм	0 – 50,4
Время задержки на кромках, с	0 - 2,0
Регулировка угла установки горелки, °	± 10
Скорость подачи проволоки, см/мин	254 - 1588
Скорость сварки, м/мин	0,127 - 1,52
Точность датчика пространственного положения головки, °	± 1

Объем охлаждающей жидкости на одну головку	2 галлона (7,87 л)
Температура эксплуатации, °С	от - 40 до + 70

Источник питания DC-400

Сварочный источник питания Idealarc DC-400 представляет из себя трехфазный трансформатор-выпрямитель с тиристорным управлением, обеспечиваемым одним потенциометром плавной регулировки выходной мощностью во всем ее диапазоне [33].

Модель DC-400 предназначена для использования со всеми видами сварки открытой дугой, включая сварку порошковой проволокой Innershield, сварку сплошной проволокой в защитном газе на всех рекомендованных для нее режимах в диапазоне выдаваемой машиной мощности. Технические характеристики представлены в таблице 3.13 [33].

Таблица 3.13 - технические характеристики источника питания DC-400

Параметр	Значение
Сеть питания, В	220/380/440/3/50-60
Цикл сварки	400А/36V/100%
Диапазон тока, А	60 - 500
Длина, мм	698
Ширина, мм	561
Высота, мм	840
Масса, кг	215

Источник питания Fronius TPS 3200

Сварочные аппараты TransPulsSynergic представляют собой цифровые источники тока инверторного типа с микропроцессорным управлением. Модульная конструкция устройств и возможность подключения системных расширений обеспечивают высокую гибкость применения. Источники тока могут быть настроены на выполнение работ практически в любых условиях. Весь сварочный процесс и источники тока управляются совместно центральным блоком управления и соединенным с ним цифровым обработчиком сигналов. В процессе сварки аппарат непрерывно производит сбор фактических данных и немедленно реагирует на обнаруженные изменения. Управляющие алгоритмы позволяют поддерживать заданное состояние. Технические характеристики приведены в таблице 3.14 [34].

В результате достигаются [34]:

- точность процесса сварки;
- точная воспроизводимость полученных результатов;
- великолепные сварочные характеристики.

Таблица 3.14 - технические характеристики источника питания Fronius TPS 3200

Параметр	Значение
Диапазон сварочного тока, А	3-320
Напряжение холостого хода, В	70
Рабочее напряжение, В	14,2-30
Класс защиты	IP23
Длина, мм	625
Ширина, мм	290
Высота, мм	475
Масса, кг	34,6

3.4 Выбор оснастки

Оснастка технологическая – это совокупность приспособлений для установки и закрепления заготовок и инструмента, выполнения сборочных операций, деталей или изделий. Использование оснастки позволяет осуществить дополнительную или специальную обработку и/или доработку выпускаемых изделий.

При выполнении кольцевого стыка труб применяются: внутренний центратор CRC-Evans IPLC 46-48. (смотри пункт 4)

3.5 Выбор методов контроля. Регламент проведения. Оборудование

Визуальный и измерительный контроль

ВИК сварных соединений трубопроводов должен выполняться в соответствии с требованиями СТО 9701105632-003-2021г. ВИК должен выполняться до проведения неразрушающего контроля (НК) сварного соединения другими методами [18].

ВИК сварного соединения выполняется без нарушения целостности контролируемого соединения.

Контролируемая зона сварного соединения должна включать сварной шов, а также примыкающие к нему участки основного металла, которые в обе стороны от шва должны быть не менее 20мм [18].

Условия выполнения ВИК.

ВИК при монтаже трубопроводов, выполняют непосредственно на месте монтажа. При этом должно быть обеспечено удобство подхода лиц, выполняющих контроль, к месту производства работ по контролю и созданы условия для безопасного производства работ.

Перед проведением ВИК поверхность объекта в зоне контроля подлежит зачистке до чистого металла от изоляции, продуктов коррозии,

окалины, грязи, краски, масла, шлака, брызг расплавленного металла, и других загрязнений, препятствующих проведению контроля.

Зона зачистки должна включать в себя поверхность свариваемых деталей и быть не менее величин, указанных в 0 [18].

Шероховатость поверхности зон, примыкающих к сварному шву, должна составлять не более Ra 12,5 мкм (Rz 80 мкм), что обеспечивается зачисткой поверхностей свариваемых изделий и сварных швов перед контролем шаберами, напильниками, шлифмашинками с круглыми металлическими щетками. Допускается применять другие виды обработки поверхности, обеспечивающие шероховатость не хуже требуемой настоящим разделом (например – пескоструйная обработка) [18].

Если следующие после ВИК операции требуют более высокой степени очистки, следует выполнять очистку поверхности в соответствии с этими требованиями.

Оценку шероховатости контролируемых поверхностей допускается проводить путем ее сравнения с поверхностью образцов шероховатости, аттестованных установленным порядком [18].

Порядок выполнения ВИК сварных соединений.

Выполнить разметку сварного соединения несмываемым маркером (маркером по металлу), обеспечивающим сохранение маркировки до сдачи трубопровода под изоляцию. При разметке сварного соединения задают начало и направление отсчета координат мерного пояса (от верхней образующей трубы по часовой стрелке по предполагаемому ходу перекачиваемого продукта) [18].

ВИК проводят в соответствии с операционной технологической картой.

Перед началом контроля специалист, осуществляющий контроль, должен [18]:

- получить задание на контроль с указанием типа и номера сварного соединения и его расположения на контролируемом объекте, параметров соединения и его элементов;

- ознакомиться с технологической инструкцией и операционной технологической картой, конструкцией и особенностями технологии выполнения сварных соединений в части способа сварки, а также документацией, в которой указаны допущенные отклонения от установленной технологии (если таковые предусмотрены технической документации (ТД)) [18].

В выполненном сварном соединении визуально следует контролировать [18]:

- наличие маркировки шва (нанесенной несмываемым маркером) и правильность её выполнения;
- наличие клейма сварщика (бригады сварщиков);
- отсутствие (наличие) на поверхности сварных соединений следующих дефектов: поверхностных трещин всех видов и направлений, включений, отслоений, прожогов, свищей, наплывов, усадочных раковин, подрезов, не проваров, брызг расплавленного металла, не заваренных кратеров; прожогов металла в местах касания сварочной дугой поверхности основного металла;
- наличие зачистки поверхности сварного соединения изделия (сварного шва и прилегающих участков основного металла) под последующий контроль неразрушающими методами.

По результатам визуального осмотра несмываемым маркером необходимо отметить дефектные участки и участки, для оценки качества которых требуется провести измерительный контроль.

Измерительный контроль сварного соединения, осуществляется для:

- измерения величины смещения кромок, свариваемых элементов;
- проверки геометрических параметров формы сварного шва;
- измерения чешуйчатости сварного шва;
- измерения глубины межваликовой канавки («западания»);
- определения координат и протяжённости поверхностных дефектов, выявленных при визуальном контроле;

- измерения глубины и протяжённости подрезов;
- измерения наименьшего расстояния между центрами продольных швов, прилегающих к поперечному сварному шву, с указанием типов секций – одношовных или двухшовных;
- размеров катетов угловых сварных соединений.

Измеряемые параметры сварных швов стыковых соединений приведены на рисунке 3.1 а) б)[18].

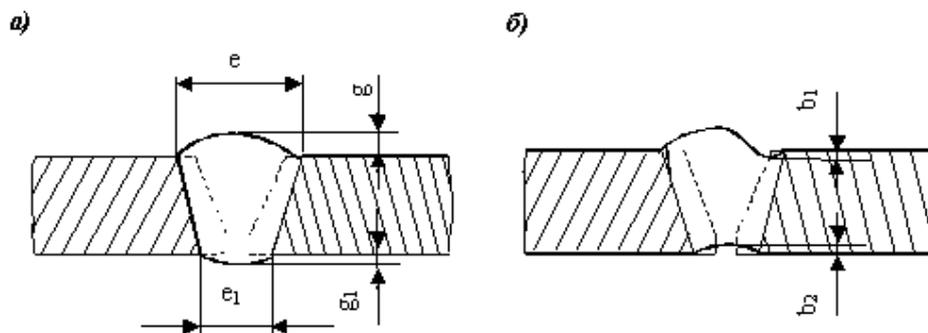


Рисунок 3.1 – Размеры сварного шва, подлежащие измерениям при ВИК

- а) размеры стыкового сварного шва: e , e_1 – ширина шва; g , g_1 – высота усиления шва;
- б) размеры дефектов сварного шва: b_1 – глубина подреза; b_2 – глубина вогнутости (утяжины);

Высота и ширина сварного шва должна определяться не реже, чем через один метр по длине соединения, но не менее, чем в трех сечениях, равномерно расположенных по длине шва. При этом измерения выполняют, в первую очередь, на участках шва, вызывающих сомнение по результатам визуального контроля [18].

Измерение глубины западений между валиками при условии, что высоты валиков отличаются друг от друга, должно выполняться относительно валика, имеющего меньшую высоту. Аналогично следует определять и глубину чешуйчатости (по меньшей высоте двух соседних чешуек).

Измерение величины смещения производить с «низкой» на «высокую» и с «высокой» на «низкую» стороны сварного соединения. За величину смещения принимать максимальное значение.

При ремонте дефектных участков в основном металле и сварных соединениях изделий визуально необходимо контролировать [18]:

- ширину зоны зачистки около шовной зоны;
- отсутствие/наличие дефектов (трещин, включений, свищей, прожогов, наплывов, усадочных раковин, подрезов, несплавлений, брызг расплавленного металла, западаний между валиками, грубой чешуйчатости, прожогов металла) на поверхности ремонтируемого участка и в около шовной зоне;
- наличие мест шлифовки около шовной зоны.

Контроль околошовной зоны при наличии мест шлифовки тела трубы.

Перед проведением НК проводится толщинометрия основного металла трубы, с целью определения фактической толщины стенки трубы в районе шлифовки. Толщинометрия производится по зоне контроля (вне зоны шлифовки) как минимум в четырёх точках, расположенных на расстоянии от 20 до 30 мм от сторон прямоугольника, определяющего зону контроля [18].

Не допускается наличие расслоений, трещин всех видов и направлений, уменьшения толщины стенки трубы согласно межгосударственным и национальным стандартам Российской Федерации и техническим условиям на трубы и соединительные детали в контролируемой зоне основного металла.

Результаты контроля оформляются в соответствии с требованиями раздела 7 [18].

Параметры измеренного наименьшего расстояния между продольными швами, прилегающими к поперечному сварному шву, типы секций, заносятся в заключение вместе с результатами контроля и оформляются в соответствии с требованиями раздела 7 [18].

При сокращенном описании дефектов обозначают координату начала дефекта (в мм), относительно точки начала отсчета, длину дефекта (вдоль

сварного шва), глубину или высоту дефекта. Обозначения отделяют друг от друга дефисом.

Ультразвуковой контроль

УЗК сварных соединений трубопроводов должен выполняться в соответствии с требованиями ГОСТ Р 55724-2013г.

УЗК могут быть подвергнуты сварные соединения трубопроводов из углеродистых низколегированных сталей наружным диаметром 720 мм и с номинальной толщиной стенки 21,2 мм [35].

УЗК проводится для выявления внутренних и выходящих на поверхность протяженных (непровары, несплавления, трещины, подрезы, цепочки скопления пор и включений) и не протяженных (одиночные газовые поры, шлаковые включения) дефектов.

С целью выявления поперечно ориентированных дефектов (поперечных трещин) следует использовать специализированные приспособления, реализующие раздельную схему контроля «стредл» или «дуэт» согласно работе [35].

Сварное соединение допускается к проведению УЗК при наличии заключения о годности данного сварного соединения по результатам ВИК.

Для применения механизированных и автоматизированных систем УЗК сварных соединений трубопроводов, а также систем с фазированной решеткой (ФАР), лабораторией неразрушающего контроля (ЛНК), подрядной организацией (ПО) следует разработать технологию контроля с использованием указанного оборудования, соответствующие технологические инструкции и технологические карты [35].

Требования к аппаратуре и оборудованию.

Для проведения УЗК необходимо наличие [35]:

- импульсного ультразвукового дефектоскопа;
- контактных пьезоэлектрических преобразователей (ПЭП);
- Стандартный образец (СО) по ГОСТ Р 55724-2013г. или комплекта контрольных образцов и вспомогательных устройств из набора КОУ-2;

- средств и приспособлений для хранения, нанесения и транспортирования контактной смазки;
- инструмента и приспособлений для разметки контролируемого соединения, и измерения характеристик выявленных дефектов;
- измерителя шероховатости или образцов шероховатости для проверки качества подготовки поверхности;
- вспомогательных средств и инструментов, необходимых для отметки мест расположения выявленных дефектов, записи результатов контроля, очистки около шовной зоны сварного соединения и пр.

Для контроля следует применять контактные наклонные совмещенные или раздельно-совмещенные (в т. ч. «хордового» типа) ПЭП, технические характеристики которых (рабочая частота, угол призмы) обеспечивают выявление дефектов, регламентируемых требованиями настоящего документа. В зависимости от диаметра и толщины стенок труб контролируемого соединения технические характеристики ПЭП определяют из таблицы 3.15 [35].

Кроме совмещенной и раздельно-совмещенной схем включения, применение которых оговорено требованиями таблицы 3.15 (столбец 3), допускается использование раздельных схем включения ПЭП.

Для проверки технических параметров дефектоскопов и пьезопреобразователей, а также основных параметров контроля должны быть использованы стандартные образцы СО-2 и СО-3 по ГОСТ Р 55724-2013г. или другие (например, образцы МИС V1 и V2) [35].

Таблица 3.15 – Параметры ПЭП

№ п/п	Номинальный наружный диаметр трубы	Номинальная толщина стенки трубы S , мм	Конструкция (тип) ПЭП	Номинальная рабочая частота f , МГц	Номинальный диаметр пьезопластины d , мм	Угол Ввода α	Стрела искателя n , мм, не более
1	720	21,2	С	2,5	12	$(65\pm 2)^\circ$	12
<p>*Значение без скобок – при контроле нижней части шва прямым лучом, в скобках – верхней части шва однократно отраженным лучом.</p> <p>Примечания</p> <p>1 Конструкция ПЭП обозначена:</p> <ul style="list-style-type: none"> - «РС» – раздельно-совмещенный, наклонный; - «С» – совмещенный, наклонный. <p>2 Для раздельно-совмещенных ПЭП «хордового» типа значения угла ввода и стрелы искателя не регламентируются и определяются конструкцией ПЭП.</p> <p>3 При наличии пьезопреобразователей, стандартные значения рабочей частоты и углов ввода которых отличаются от указанных в таблице, выбирают преобразователи с ближайшими большими значениями.</p> <p>4 При проведении контроля соблюдают условие прозвучивания акустической осью ПЭП центра шва прямым лучом.</p>							

Для настройки дефектоскопа перед проведением контроля сварного соединения конкретного типа и оценки измеряемых характеристик дефектов следует применять стандартный образец предприятия (СОП) с искусственными отражателями по ГОСТ Р 55724-2013г. Вид и размеры искусственных отражателей в зависимости от диаметра и толщины стенки труб контролируемого соединения определяют из таблицы 3.16 [35].

Таблица 3.16 – Вид и размеры искусственных отражателей

№ п/п	Номинальный наружный диаметр трубы DN	Номинальная толщина стенки трубы S , мм	Конструкция СОП	Эквивалентная площадь отверстия с плоским дном, мм ²	Ширина отражающей грани зарубки b , мм	Высота отражающей грани зарубки h , мм	Диаметр отверстия в СОП $d_э$, мм
1	720	21,2	Рисунок 13[18]	3,0	3,0	2,0	-

СОП должны быть изготовлены из труб того же типоразмера, что и трубы, сварные соединения которых подлежат контролю. Для кольцевых швов труб 720 мм допускается применять СОП с плоской поверхностью. Материал СОП должен быть идентичен по акустическим свойствам (скорости, затуханию) материалу контролируемых труб [35].

СОП должны пройти метрологическую аттестацию. Аттестация СОП должна проводиться не реже 1 раза в 3 года.

Каждый СОП должен быть промаркирован и иметь паспорт.

Паспорт СОП должен содержать [35]:

- сведения о конструктивных параметрах образца и материале, из которого он изготовлен (см 8.5.7.6 настоящего документа [18]);
- вид и размеры искусственных отражателей;
- результаты переаттестации;
- условия хранения.

В качестве мерительного инструмента следует применять прошедшие метрологическую поверку, масштабные линейки, штангенциркули и другие инструменты, обеспечивающие измерение линейных размеров с погрешностью не более $\pm 0,5$ мм [35].

Для повышения производительности контроля рекомендуется применение мерительных поясов, шаблонов.

В качестве контактной смазки в зависимости от температуры окружающего воздуха следует применять специальные контактные смазки, в том числе специализированные пасты отечественного и зарубежного производства, обеспечивающие согласно паспортным данным надежный и стабильный акустический контакт в рабочем диапазоне температур окружающего воздуха при заданном уровне чувствительности контроля. Допускается также применение следующих видов контактной смазки приведенных в таблице 8.11 [18].

Подготовка к проведению контроля.

Перед началом контроля специалист, осуществляющий контроль, должен:

- выполнить требования 8.1.10.3 [18];
- ознакомиться с результатами предшествующего контроля;
- убедиться в отсутствии недопустимых наружных дефектов.

Перед проведением контроля следует произвести подготовку сварного соединения к контролю [18]:

- обеспечить доступ к сварному соединению для беспрепятственного сканирования около шовной зоны;
- очистить около шовную зону сварного соединения по обе стороны от шва и по всей его длине от изоляционного покрытия, пыли, грязи, окалины, застывших брызг металла, забоин и других неровностей;
- чистота обработки поверхности около шовной зоны должна быть не ниже Ra 6,3 мм (Rz 40 мм);
- ширина подготавливаемой зоны, мм, с каждой стороны шва должна обеспечивать прозвучивание шва прямым и однократно отраженным лучом и превышать значение, определяемое по формуле [18]:

$$2 \cdot S \cdot \operatorname{tg} \alpha + 3\text{ТВ} + n_1, \quad (3.2)$$

где S – толщина стенки;

α – угол ввода ультразвука в металл;

3ТВ – зона термического влияния, подвергаемая УЗК;

n_1 – длина ПЭП.

Настройка аппаратуры.

Перед проведением настройки с учетом параметров контролируемого соединения следует выбрать ПЭП и СОП, конструкция и технические характеристики которых соответствуют требованиям таблиц 8.9 и 8.10 соответственно [18].

Настройка аппаратуры предусматривает [18]:

- выбор рабочей частоты;
- определение (проверка) точки выхода ультразвукового луча и стрелы преобразователя, задержки в призме, скорости ультразвука;
- определение (проверка) угла ввода ультразвукового луча в металл;
- проверку «мертвой зоны»;
- настройку браковочного уровня чувствительности;
- настройку временной регулировки чувствительности (ВРЧ);
- настройку системы автоматической сигнализации дефектов (АСД);
- установку поискового усиления.

Примечание – Настройку аппаратуры проводят при той же температуре окружающего воздуха, при которой будет проводиться контроль.

Настройку дефектоскопа производят на стандартных образцах СО-2, СО-3 по ГОСТ Р 55724-2013г. Чувствительность устанавливают по искусственному отражателю в СОП соответствующих размеров. При этом настройку дефектоскопов с совмещенным пьезопреобразователем осуществляют с использованием СОП, конструкция которого приведена на рисунке 8.11, а дефектоскопа с отдельно-совмещенным ПЭП «хордового» типа – с использованием СОП, конструкция которого приведена на рисунке 8.12 [18].

Настройку диапазона развертки в соответствии с рисунком 8.13 [18] следует выполнить таким образом, чтобы сигналы от несплошностей, располагающихся на любом участке сварного соединения, находились в пределах экрана дефектоскопа.

Настройка глубиномера (определение точки выхода ультразвукового луча, стрелы ПЭП, задержки в призме, скорости ультразвука) производится на СО-3 (допускается использование СО типа V-2) в соответствии с руководством по эксплуатации дефектоскопа [18].

Определение угла ввода ультразвукового луча в металл, проверка «мертвой зоны» производится на СО-2.

Устанавливают следующие уровни чувствительности [35]:

- браковочный уровень – уровень чувствительности, на котором проводится оценка допустимости обнаруженного дефекта по амплитуде эхо-сигнала от него. Для этого усиление дефектоскопа устанавливают таким образом, чтобы сигнал от искусственного отражателя в СОП имел заданную высоту на экране дефектоскопа;

- уровень фиксации – уровень чувствительности, на котором проводится измерение условных размеров обнаруженных дефектов, а также оценка их допустимости по предельным значениям этих размеров. Уровень фиксации в два раза (на 6 дБ) ниже браковочного уровня (усиление на 6 дБ выше браковочного уровня установленного на экране дефектоскопа);

- поисковое усиление – уровень чувствительности, при котором осуществляется сканирование объекта контроля (поиск дефектов). Поисковое усиление выше браковочного на величину от 6 до 12 дБ.

Возможна настройка чувствительности «без нефти» – с применением поправочных коэффициентов. Значения коэффициентов определяют при разработке технологических инструкций в процессе измерений, проводимых на «сухих» СОП и СОП, нижняя поверхность которых погружена в нефть. Настройку зоны (строб-импульса) и чувствительности АСД дефектоскопа осуществляют таким образом, чтобы при появлении из контролируемой зоны эхо-сигналов, имеющих амплитуду, равную уровню фиксации или превышающую его, происходило срабатывание дополнительных индикаторов дефектоскопа (звукового и/или светового). Начало строб-импульса устанавливается на 3 мм правее зондирующего импульса, конец строб-

импульса устанавливается правее сигнала от верхней зарубки СОП (для дефектоскопов, имеющих функцию ВРЧ) [35].

Операции и последовательность их выполнения при настройке дефектоскопа каждого конкретного типа и проведении контроля должны быть изложены в технологической инструкции. В технологической карте указываются основные параметры контроля и нормы браковки. Описание операций по настройке разрабатывают на основе руководства по эксплуатации конкретного прибора и настоящего раздела. Настройка дефектоскопа должна заканчиваться проверкой точности определения координат дефекта. Проверка производится по «зарубкам» на СОП, погрешность измерения координат передней грани зарубки не должна превышать ± 1 мм [35].

Проверку настроек дефектоскопа на СО-2, СО-3, СОП выполняется не реже, чем два раза в смену, а установленный уровень чувствительности, кроме того, проверяется на отражателе СОП перед началом контроля и после окончания контроля каждого сварного шва. При невыполнении и изменении уровня чувствительности более чем на 1 дБ процедуру настройки повторяют [18].

Радиографический контроль

РК сварных соединений трубопроводов (и их участков после ремонта сваркой) должен выполняться в соответствии с требованиями ГОСТ 7512-82 г.

РК в соответствии с требованиями настоящего документа могут быть подвергнуты сварные соединения трубопроводов наружным диаметром до 720 мм включительно и с номинальной толщиной стенки 21,2 мм включительно [18].

При проведении РК контролируемая зона сварного соединения должна включать не только изображения сварного шва, но и прилегающую к нему околошовную зону, шириной не менее толщины стенки (при толщине стенки до 20 мм) и не менее 20 мм при толщине стенки 20 мм и более.

РК проводится для выявления внутренних и выходящих на поверхность дефектов, таких как газовые поры, шлаковые включения, непровары, несплавления, трещины, подрезы и др.

Сварное соединение допускается к проведению РК при наличии заключения о годности данного сварного соединения по результатам ВИК и заключения по УЗК [18].

Требования к средствам РК.

При РК следует использовать оборудование, материалы и приспособления в соответствии с требованиями настоящего документа и СТО Газпром 2 - 2.4 - 083- 2006г. Средства измерений следует применять исправные, поверенные или откалиброванные в установленном порядке [18].

Энергия источников гамма-излучения, анодное напряжение на рентгеновской трубке выбираются в зависимости от толщины металла просвечиваемых изделий таким образом, чтобы была обеспечена требуемая чувствительность контроля и радиационная безопасность обслуживающего персонала [18].

Область применения РК с использованием [18]:

- рентгеновских аппаратов непрерывного и импульсного действия с максимальным напряжением на рентгеновской трубке – P , кВ, рассчитываемым по формуле:

$$P = 7 \cdot S + 100, \quad (3.3)$$

где S – толщина просвечиваемого металла, мм;

При выполнении РК качества сварных стыков магистральных трубопроводов в качестве детектора ионизирующего излучения может применяться любой из следующих детекторов: радиографическая пленка или запоминающие многоразовые пластины. Выбор детектора определяет технологию получения изображения проконтролированного соединения. При этом выдача заключения по результатам радиографии может быть выполнена по изображениям, полученным с применением любой из этих технологий:

традиционной радиографии с радиографической пленкой или цифровой радиографии с запоминающими многоразовыми пластинами [18].

РК при просвечивании по схемам, приведенным на рисунке 3.2, выполнять с применением рулонных пленок или запоминающих пластин.

Для сокращения времени экспозиции радиографические плёнки можно применять с металлическими усиливающими экранами. Коэффициент усиления металлических усиливающих экранов принимают равным 2 при просвечивании изотопами и равным 2,7 – при использовании рентгеновского излучения.

При использовании металлических усиливающих экранов необходим хороший контакт между пленкой и экранами. Это может быть достигнуто применением рентгеновской пленки в вакуумной упаковке или посредством хорошего прижима в рулоне или в отдельной упаковке. Предпочтение следует отдавать рентгенографическим пленкам в светозащитной упаковке в комбинации с усиливающими металлическими экранами [18].

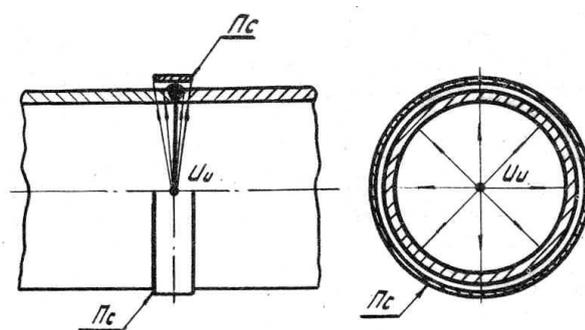


Рисунок 3.2 Схема панорамного просвечивания изнутри трубы за одну установку источника излучения

Ии – источники излучения, расположенные изнутри; Пс – пленки (пластины), расположенные снаружи

Для защиты пленки от рассеянного излучения рекомендуется со стороны, противоположной от источника излучения, экранировать кассету с пленкой (или рулонную пленку в светозащитной упаковке) свинцовыми экранами толщиной от 1 до 3 мм [18].

Технологии цифровой радиографии и запоминаящих пластин применяются при условии обеспечения чувствительности контроля не ниже требуемой настоящим документом. Основные положения данной технологии – в соответствии с приложением Ж настоящего документа [18].

Радиационная толщина (в месте установки эталона чувствительности) равна, мм [18]:

- для схем просвечивания по рисунку 3.2 – толщине контролируемого металла плюс толщина канавочного эталона чувствительности;

где толщина канавочного эталона чувствительности принимается:

- равной 2 мм при радиационной толщине до 40 мм включ. для класса чувствительности II и до 30 мм вкл. для класса чувствительности III;

- равной 4 мм при радиационной толщине от 40 до 120 мм включ. для класса чувствительности II и от 30 мм до 100 мм включ. для класса чувствительности III.

При применении проволочных эталонов чувствительности значения 0,30; 0,60; 0,75 и 1,50 мм заменяются значениями 0,32; 0,63; 0,80 и 1,60 мм [18].

Величина оптической плотности согласно ГОСТ 7512-82 г. в зоне сварного соединения (на сварном шве) должна быть не менее 1,5 е.о.п. Верхний предел оптической плотности при использовании технических мелкозернистых радиографических пленок может превышать 4 е.о.п. и ограничен лишь устройствами для просмотра снимков.

Для определения чувствительности РК следует использовать проволочные и канавочные эталоны чувствительности по ГОСТ 7512-82 г. Допускается использование проволочных эталонов чувствительности по ISO 19232-1 [36], приведенные в приложении Н настоящего документа.

Достигнутую чувствительность контроля определяют по изображению на снимке проволочного эталона чувствительности.

Для проволочного эталона достигнутая чувствительность контроля соответствует диаметру наименьшей видимой на снимке проволоки, мм.

Изображение проволочки считать различимым, если четко видна непрерывная ее длина не менее 10 мм. Для маркировки радиограмм (номер стыка, номер пленки, клейма сварщиков и др.) при радиографическом контроле необходимо использовать маркировочные знаки в виде цифр и букв русского или латинского алфавита, а также дополнительные знаки в виде стрелок, тире и т.п [18].

Маркировочные знаки должны быть изготовлены из материала (например, из свинца), обеспечивающего получение их четких изображений на радиографических снимках.

Рекомендуемыми размерами знаков при контроле сварных соединений трубопроводов, являются размеры знаков из наборов № 1, 2, 3 и 5, 6, 7. Допускается применение других наборов букв или цифр соответствующих типоразмеров [18].

Для нахождения дефектных участков шва необходимо использовать мерительные пояса со знаками, обеспечивающими разметку контролируемого соединения. Знаки должны быть изготовлены из материала (например, из свинца), обеспечивающего получение их четких изображений на радиографических снимках [18].

Схемы просвечивания сварных соединений.

Кольцевые швы трубопроводов просвечивают по схеме в зависимости от геометрических размеров труб, типа и активности применяемого источника излучения. Схема просвечивания представлена на рисунке 3.2.

Кольцевые сварные швы свариваемых изделий, в которые возможен свободный доступ внутрь, контролируют за одну установку источника излучения по схеме, представленной на рисунке 3.2 (панорамное просвечивание) [18].

При строительстве линейную часть трубопроводов целесообразно контролировать по схеме (см. рисунок 3.2) с помощью самоходного

внутритрубного устройства («кроулера»), технические характеристики которого выбираются исходя из следующих параметров [18]:

- диаметра трубы;
- толщины стенки;
- чувствительности контроля;
- типа рентгенографической пленки;
- источника ионизирующего излучения;
- темпов сооружения линейной части и т. д.

При радиографическом контроле по схеме, приведенной на рисунке 3.2, применять только рулонные пленки.

Подготовка и проведение радиографического контроля.

Перед началом контроля специалист, осуществляющий контроль, должен:

- выполнить требования 8.1.10.3 [18];
- ознакомиться с результатами предшествующего контроля;
- убедиться в отсутствии недопустимых наружных дефектов.

Поверхность сварного шва перед проведением радиографического контроля должна быть зачищена от неровностей и брызг металла.

РК проводят в соответствии с операционной технологической картой.

После устранения дефектов сварного шва, выявленных по результатам предшествующего контроля, производят разметку сварного соединения, задают начало и направление отсчета координат.

Закрепляют на трубопроводе мерный пояс. Применение мерного пояса обязательно.

Для привязки снимков к сварному соединению системой свинцовых маркировочных знаков, установленных на стыке (на участке сварного стыка), обозначают [18]:

- номер стыка;
- координаты участка сварного соединения по мерному поясу;
- номер пленки;

- дату проведения радиографического контроля;
- шифр (характеристика) объекта;
- шифр специалиста НК;
- шифр (клеймо) сварщика или бригады сварщиков;
- продольные сварные швы.

Шифры объекта, специалиста НК и сварщика должны быть присвоены приказом по организации, выполняющей соответствующие работы.

На контролируемых участках должны быть установлены эталоны чувствительности так, чтобы на каждом снимке было полное изображение эталона. При панорамном просвечивании кольцевых сварных соединений устанавливать эталоны чувствительности по одному на каждую четверть окружности сварного соединения [18].

Для оценки высоты дефекта по его потемнению на радиографическом снимке методом визуального или инструментального сравнения с эталонными канавками или отверстиями используют канавочные эталоны чувствительности или имитаторы.

Форма имитаторов может быть произвольной, глубину и ширину (диаметр). Размеры канавок и отверстий в имитаторе приведены в таблице 3.17 (количество канавок и отверстий не ограничивается) [18].

Таблица 3.17 – Размеры канавок и отверстий в имитаторе, мм

№ п/п	Толщина имитатора h	Глубина канавок и отверстий h_i	Предельные отклонения глубины	Ширина канавок (диаметр отверстий)
1	До 2	От 0,1 до 0,5	минус 0,05	$1,0 \pm 0,1$
2	От 2 до 4	От 0,5 до 2,7	минус 0,10	$2,0 \pm 0,1$

С целью более точного распознавания дефектов (типа шлаковых включений) допускается заполнение отверстий имитаторов жидким стеклом.

Имитаторы должны иметь паспорта или сертификаты (на партию) со штампом изготовителя, в которых обязательно указывается материал, из которого они изготовлены, их толщина, глубины всех канавок (отверстий) и их ширина (диаметр отверстий). Имитаторы должны проходить аттестацию 1 раз в 3 года [18].

Проволочные эталоны чувствительности следует устанавливать непосредственно на сварной шов с направлением проволок поперек шва.

Канавочные эталоны чувствительности и имитаторы устанавливают с направлением канавок поперек сварного шва на расстоянии от него не менее чем 5 мм (см. схему на рисунке 3.3). При контроле разнотолщинных элементов эталон устанавливается со стороны наименьшей толщины [18].

Перед нанесением маркировки на контролируемый сварной шов (номер стыка, номер плёнки, клейма сварщиков и др.) необходимо обозначить продольные швы. Для обозначения продольных швов используют маркировочные знаки в виде свинцовых стрелок с наложением их по центру продольных швов и направлением по ходу продукта, за исключением сварных соединений, выполненных на трубосварочной базе, сборки укрупнённых изделий, где направление свинцовых стрелок должно быть в сторону поперечного шва [18].

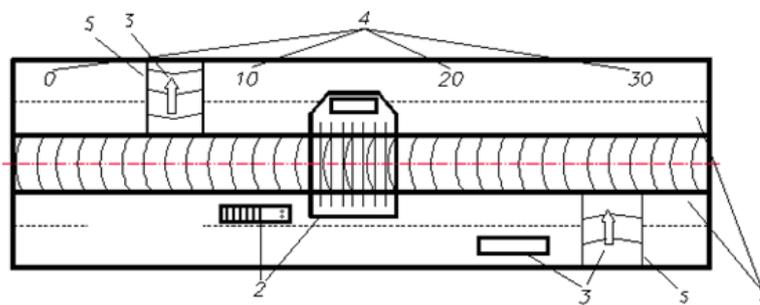


Рисунок 3.3 Эскиз установки эталонов чувствительности, маркировочных знаков, мерного пояса

1 – зона контроля сварного соединения; 2 – эталоны чувствительности (проволочный, канавочный); 3 – маркировочные знаки; 4 – мерный пояс; 5 – продольный сварной шов

Расстояние между изображением поперечного шва и изображением стрелки (см. позицию 3) – не менее 5 мм.

При просвечивании трубопроводов с расшифровкой только прилегающих к пленке (к кассетам) участков сварного соединения эталоны чувствительности помещают между контролируемым участком трубы и пленкой (кассетой с пленкой) [18].

При наличии оборудования для просмотра снимков, имеющих потемнение более 3,0 е.о.п., суммарная разность толщин при фронтальном просвечивании разнотолщинных соединений не должна превышать [18]:

- при использовании изотопа цезий 22,0 мм – 137.

При определении чувствительности контроля расчет необходимо вести по той толщине стенки трубы, на которую установлены эталоны чувствительности. Эталоны чувствительности устанавливаются на меньшую толщину.

При определении фактора экспозиции (времени просвечивания) следует пользоваться номограммами, которые позволяют по исходным данным (толщина стенки трубы, диаметр трубы, схема просвечивания, фокусное расстояние, параметры источника излучения) определять ориентировочное время экспозиции. Корректировка времени экспозиции производится при пробном просвечивании [18].

Номограммы поставляются производителями радиографических пленок и должны постоянно находиться на объекте.

Фотообработку радиографической пленки следует производить в соответствии с требованиями фирмы изготовителя этой пленки. При фотообработке пленок предпочтение следует отдавать автоматизированным проявочным процессам [18].

Расшифровка снимков.

Снимки, допущенные к расшифровке, должны удовлетворять следующим требованиям [18]:

- на снимках должны быть видны изображения сварного шва,

эталонов чувствительности и маркировочных знаков, ограничительных меток, имитаторов (при их использовании) и мерительных поясов [18];

- длина каждого снимка должна обеспечивать перекрытие изображения смежных участков сварного соединения на величину не менее 20 мм, а его ширина – получение изображения сварного шва и прилегающей к нему около шовной зоны с каждой стороны от границы шва шириной не менее толщины стенки (при толщине стенки до 20 мм) и не менее 20 мм (при толщине стенки 20 мм и более);

- на снимках, на изображениях сварного шва и около шовной зоны, не должно быть пятен, полос, царапин, загрязнений, следов электростатических разрядов и других повреждений эмульсионного слоя, затрудняющих их расшифровку;

- при наличии на радиографических изображениях брызг металла или неотбитого шлака (на внутренней поверхности трубы) захлестных стыков, мест ремонта сварных соединений, считать возможным проведение расшифровки радиографического снимка при наличии положительных результатов дополнительного УЗК в местах наличия брызг металла и неотбитого шлака с оформлением заключения УЗК;

- оптическая плотность самого светлого участка сварного шва должна быть не менее 1,5 е.о.п.;

- разность оптических плотностей изображения канавочного эталона чувствительности № 11 и основного металла в месте установки эталона должна быть не менее 0,5 е.о.п.;

- яркость освещенного поля негатоскопа должна составлять не менее $10D+2$ кд/м², где D – оптическая плотность снимка.

Значение верхнего предела оптической плотности радиографического снимка по основному металлу, в зависимости от яркости применяемого в ЛНК негатоскопа, указывается в операционной технологической карте РК.

Яркость освещенного поля негатоскопа измеряется поверенным в установленном порядке яркомером.

Расшифровке подлежит сварной шов и прилегающая к нему околошовная зона шириной не менее толщины стенки (при толщине стенки до 20 мм) и не менее 20 мм при толщине стенки 20 мм и более. Расшифровка и оценка качества сварных соединений по снимкам, на которых отсутствуют изображения эталонов чувствительности, имитаторов (если они использовались) и маркировочных знаков, не допускается, если это специально не оговорено ТД [18].

Запись высоты дефектов указать с помощью знаков «>» или «≤» (величина дефекта по отношению к максимально допустимой для данного сварного соединения).

Запись диаметра дефекта заменяет запись протяженности, ширины и высоты дефекта.

Запись размеров дефектов производить для параметров, имеющих нормы.

Для недопустимых дефектов указать только протяженность.

Для наружных подрезов, внутренних подрезов двустороннего сварного шва и смещения стыкуемых кромок протяжённость указать с помощью знаков «>» или «≤» по отношению к максимально допустимой величине дефекта для данного сварного соединения.

Координаты дефектов указать по знакам маркировочного пояса.

В заключениях по результатам РК допускается одной строкой записывать данные расшифровки по снимкам одинаковой чувствительности и не имеющим изображения дефектов. При расшифровке снимков размеры дефектов до 3,0 мм следует округлять в большую сторону с дискретностью 0,1 мм, при размерах дефектов более 3,0 мм округление производят с дискретностью 0,5 мм.

При просвечивании «на эллипс» размеры дефектов участков сварного соединения, расположенного со стороны источника излучения, перед их округлением умножают на коэффициент.

Максимальной шириной скопления считать наибольшее расстояние между двумя точками внешнего контура скопления, измеренное в направлении, перпендикулярном оси шва.

Максимальным размером скопления считать наибольшее расстояние между двумя точками внешнего контура скопления.

Внешним контуром скопления считать контур, ограниченный внешними краями включений, входящих в скопление, и касательными линиями, соединяющими указанные края.

Скопление считать одиночным если минимальное расстояние от его внешнего контура до внешнего контура любого другого соседнего скопления или включения не менее трехкратной максимальной ширины каждого из двух рассматриваемых скоплений (или скопления и включения), но не менее трехкратного максимального размера скопления (включения) с меньшим значением этого показателя (из двух рассматриваемых) [18].

Максимальной шириной включения считать наибольшее расстояние между двумя точками внешнего контура включения, измеренное в направлении, перпендикулярном оси шва.

Максимальным размером одиночного включения считать наибольшее расстояние между двумя точками внешнего контура включения.

Критерии по определению одиночных включений, скоплений, одиночных скоплений – в соответствии с приложением Г [18].

Результаты контроля оформляются в соответствии с разделом 7 [18].

Оборудование «Унискан МТ»

Для контроля сварных соединений магистральных трубопроводов применяется комплекс автоматизированного неразрушающего контроля «УНИСКАН МТ» [37].

Комплекс «УНИСКАН МТ» позволяет проконтролировать сварные соединения тремя методами контроля – ВИК, автоматизированный ультразвуковой контроль (АУЗК), цифровой радиографией – с привязкой к

географической координате расположения объекта контроля с выводом цифрового паспорта сварного шва.

Комплекс автоматизированного неразрушающего контроля кольцевых сварных соединений магистральных трубопроводов "УНИСКАН МТ" включает в себя [37]:

- система автоматизированного ультразвукового контроля "УНИСКАН МТ-УЗК";
- система автоматизированного цифрового рентгеновского контроля "УНИСКАН МТ-ЦР";
- модуль автоматизированного цифрового визуального и измерительного контроля "ВИЗИО МТ".

При разработке комплекса «УНИСКАН МТ» был применен инновационный подход к выполнению неразрушающего контроля качества сварных соединений, основанный на объединении трех методов контроля на одной аппаратно-программной платформе.

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.

Основные преимущества системы "УНИСКАН МТ-УЗК" [37]:

Применение универсальной системы "УНИСКАН МТ-УЗК" позволяет проводить контроль трубопроводов диаметром от 500 мм и толщиной стенок труб от 8 мм и более. В зависимости от задач контроля в системе может использоваться различные модули: РА 32:128 + 2 канала TOFD/UT и/или модуль 6 каналов TOFD/UT. Благодаря беспроводному выводу информации на любое устройство (ноутбук, планшет, смартфон) оператор может проводить анализ контроля в режиме реального времени в комфортных условиях. За счет возможности моделирования схемы контроля и поэтапной настройки, а также

короткого цикла проверки работоспособности системы, контроль проводится с высокой степенью производительности и достоверности.

Программное обеспечение позволяет оперативно проводить сбор данных, своевременно обнаруживать и анализировать дефекты сварных швов. Интерфейс легок и прост в освоении пользователями, что обеспечивает высокую производительность, эффективность работы, а также информативность и точность определения фактических размеров дефектов. Программное обеспечение позволяет автоматически составлять отчеты по результатам контроля и анализа [37].

Основные преимущества системы "УНИСКАН МТ-ЦР".

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 [37].

Программное обеспечение DISOFT позволяет сшивать отдельные кадры в единое рентгеновское изображение сварного соединения. Полученное цифровое изображение сварного соединения сохраняется в файле полностью документированного формата DICONDE, соответствующего стандарту ASTM E2339-11, с указанием даты, времени и GPS координат произведенных экспозиций в привязке к рентгеновскому изображению [37].

Основные преимущества "ВИЗИО МТ".

Применение данного модуля для автоматизированных цифровых ВИК позволяет оперативно собирать данные по геометрическим характеристикам сварных соединений таких как: ширина шва, выпуклость (вогнутость) глубина неполного заполнения разделки, чешуйчатость, глубина западаний между валиками замеры (диаметр, длина, ширина) одиночных несплошностей, подрезы. За счет применения высокоточного лазерного датчика

обеспечивается высокая точность измеренных параметров. Беспроводная передача данных на компьютер или ноутбук позволяет в режиме реального времени проводить анализ полученных результатов. Программное обеспечение DISOFT Visual поддерживает выгрузку данных в формате DICONDE и позволяет осуществлять автоматизированный визуальный и измерительный контроль кольцевых сварных соединений. Встроенные фильтры позволяют проводить оценку параметров сварных соединений в соответствии с используемым стандартом СТО Газпром 2 - 2.4 - 083- 2006г или другого стандарта. Встроенная функция защиты сохраненных данных обеспечивает отсутствие намеренных или случайных искажений от пользователей [37].

3.6 Разработка технологической документации

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

При этом должны быть достигнуты соответствующие требования чертежа, точность сборки, возможная наименьшая продолжительность сборки и сварки соединяемых деталей, максимальное облегчение условий труда, обеспечение безопасности работ. Выполнение этих требований достигается применением соответствующих рациональных сборочных приспособлений, подъёмно-транспортных устройств, механизации сборочных процессов [38].

Разработка технологических процессов включает:

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

В результате должны быть достигнуты:

- возможная наименьшая трудоёмкость;
- минимальная продолжительность производственного цикла;
- минимальное общее требуемое число рабочих;
- наилучшее использование производственного транспорта вспомогательного оборудования;
- возможный наименьший расход производственной энергии.

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

Эти бланки после их заполнения составляют документацию разработки технологического процесса, которые должны содержать [38]:

- наименование и условное обозначение изделия;
- название и условное обозначение (номер) сборочной единицы;
- число данных сборочных единиц в изделии;
- перечень данных сборочных единиц в изделии;
- название цеха;
- указание, откуда должны поступить детали на сборку и сварку и куда должна быть отправлена готовая сборочная единица;
- последовательный перечень всех операций;
- сведения по каждому переходу (приспособления, сварочное оборудование, рабочий и мерительный инструмент);
- данные о принятых способах и режимах сварки
- сведения о числе рабочих, их специальности и квалификации;
- нормы трудоёмкости, расходы основных и вспомогательных материалов.

Технологическая карта изготовления кольцевого стыкового соединения труб приведена в приложении А.

3.7 Техническое нормирование операций

Цель технического нормирования – установление для конкретных организационно-технических условий затрат времени необходимого для выполнения заданной работы.

Техническое нормирование имеет большое значение, так как является основой всех расчетов при организации и планировании производства.

Норма штучного времени для всех видов дуговой сварки [39]:

$$T_{ш} = T_{н.ш-к} + t_{в.ш}. \quad (3.4)$$

где, $T_{н.ш-к}$ – неполное штучно-калькуляционное время;

$t_{в.ш}$ – вспомогательное время, зависящее от изделия и типа оборудования.

Неполное штучно-калькуляционное время на 1 метр шва:

$$T_{н.ш-к} = (T_o + t_{в.ш}) \cdot \left(1 + \frac{a_{обс.} + a_{отл.} + a_{н-з}}{100}\right), \quad (3.5)$$

где, $t_{в.ш}$ – вспомогательное время, зависящее от длины сварного шва.

T_o – основное время сварки на 1 стык [40];

$$T_o = \frac{60}{V_{св}} \cdot n \cdot 2\pi r \quad (3.6)$$

где, $V_{св}$ – Скорость сварки, м/ч;

n – количество проходов, шт.;

r – радиус диаметра трубы, м;

$$r_{к.} = 0,31 \text{ м}$$

$$r_{з.н.} = 0,312 \text{ м}$$

$$r_{з.} = 0,321 \text{ м}$$

$$r_{о.ш.} = 0,331 \text{ м}$$

$$T_{о.к.} = \frac{60}{45,6} \cdot 1 \cdot 6,28 \cdot 0,31 = 2,6 \text{ мин.}$$

$$T_{о.з.н.} = \frac{60}{76,2} \cdot 1 \cdot 6,28 \cdot 0,312 = 1,5 \text{ мин.}$$

При сварке с помощью сварочного автомата П600 одновременно навариваются по два слоя заполняющего и облицовочного шва, следовательно время сварки уменьшается время в 2 раза.

$$T_{o.z.} = \frac{60}{28,2} \cdot 1 \cdot 6,28 \cdot 0,321 = 4,29 / 2 = 2,1 \text{ мин.}$$

$$T_{o.o.u.} = \frac{60}{23,4} \cdot 1 \cdot 6,28 \cdot 0,331 = 5,3 / 2 = 2,6 \text{ мин.}$$

$$T_o = 2,6 + 1,5 + 2,1 + 2,6 = 8,8 \text{ мин.}$$

Определим время на сварку кольцевого неповоротного стыка труб.

Подготовка кромок $t_1=5$ мин. установка краном на покать приемную $t_2=7,4$ мин.; установка центратора и фиксация стыка $t_3= 5$ мин.; установка индукционного подогревателя, термопоясов и подогрев $t_4= 15$ мин.; снятие индукционного подогревателя и термопоясов $t_5=4,2$ мин; демонтаж центратора $t_6= 3$ мин.

$$1) \quad t_{e.u} = 5 + 7,4 + 5 + 15 + 4,2 + 3 = 39,6 \text{ мин.};$$

$$2) \quad T_{н.ш.-к} = (8,8 + 0,75) \cdot \left(1 + \frac{10}{100}\right) = 10,5 \text{ мин.};$$

В связи с тем, что стык варится двумя головками то время сварки уменьшается в 2 раза

$$3) \quad T_{ш} = 5,25 + 39,6 = 44,8 \text{ мин.}$$

3.8 Материальное нормирование

Расчет расхода сварочной проволоки [41]:

$$G_{шп} = \frac{G}{1 - \psi} \quad (3.7)$$

где G - количество металла, необходимого для получения сварного шва, кг;

ψ – коэффициент потерь на разбрызгивание, $\psi = 0,05 - 0,1$;

Количество металла, необходимого для получения сварного шва:

$$G = \frac{\gamma \cdot F_H \cdot L}{1000}; \quad (3.8)$$

где γ - плотность наплавленного металла, кг/см³;

F_H - плотность поперечного сечения шва, см²;

L - длина шва, см;

Расход сварочной проволоки TS-6 (Thyssen K-Nova) Ø 0,9мм

Корень шва:

$$G = \frac{7,8 \cdot 0,08 \cdot 194,68}{1000} = 0,12 \text{ кг};$$

$$G_{\text{ПР}} = \frac{0,12}{1-0,075} = 0,13 \text{ кг}$$

Горячий проход:

$$G = \frac{7,8 \cdot 0,08 \cdot 195,6}{1000} = 0,12 \text{ кг};$$

$$G_{\text{ПР}} = \frac{0,12}{1-0,075} = 0,13 \text{ кг}$$

Расход сварочной проволоки К-600 Ø1,0мм

Заполняющий шов:

$$G = \frac{7,8 \cdot 1,74 \cdot 199}{1000} = 2,7 \text{ кг};$$

$$G_{\text{ПР}} = \frac{2,7}{1-0,075} = 2,9 \text{ кг}$$

Облицовочный шов:

$$G = \frac{7,8 \cdot 0,33 \cdot 205,2}{1000} = 0,5 \text{ кг};$$

$$G_{\text{ПР}} = \frac{0,5}{1-0,075} = 0,57 \text{ кг}$$

Расход защитного газа

Расчёт расхода смеси защитного газа ISO 14175-M21-ArC-25 [41]:

Часовой расход на 1 горелку = 1,2 м³

Корневой слой:

Время сварки 2,6 мин.

Расход смеси газа на корневой слой $0,05 \text{ м}^3$

Расчёт расхода смеси защитного газа ISO 14175- M20-ArC-15 [41]:

Часовой расход на 1 горелку = $1,2 \text{ м}^3$

Заполняющий слой:

Время сварки 2,1 мин.

Расход смеси газа на заполняющий слой $0,04 \text{ м}^3$

Облицовочный слой:

Время сварки 2,6 мин.

Расход смеси газа на облицовочный слой $0,05 \text{ м}^3$

Итого общий расход смеси газа $0,14 \text{ м}^3$

Расчёт расхода защитного газа ISO 14175- C1 [41]:

Часовой расход на 1 горелку = $1,5 \text{ м}^3$

Горячий проход:

Время сварки 1,5 мин.

Итого расход защитного газа на горячий проход $0,03 \text{ м}^3$

Расход электроэнергии

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

- расход дизельного топлива, потребляемого генератором:

$$C_{\text{топ}} = t_{\text{дг}} \cdot M_{\text{топ}} \cdot \Pi_{\text{топ}}, \text{ руб}, \quad (3.9)$$

где $t_{\text{дг}}$ – продолжительность работы дизельного генератора во время сварки, при нагрузке 70%, $t_{\text{дг}} = 0,14 \text{ ч}$;

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

$\Pi_{\text{топ}} = 55 \text{ руб/л}$ – цена дизельного топлива;

$$C_{\text{топ}} = 0,14 \cdot 34 \cdot 55 = 261,8 \text{ руб},$$

- расход масла:

$$C_{\text{мас}} = t_{\text{дг}} \cdot M_{\text{мас}} \cdot \Pi_{\text{мас}}, \text{ руб}, \quad (3.10)$$

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

$\Pi_{\text{мас}} = 80 \text{ руб/л}$ – цена масла.

$$C_{\text{мас}} = 0,14 \cdot 0,07 \cdot 80 = 0,8 \text{ руб},$$

Затраты на электроэнергию составят: $Z_{\text{тэ}} = 261,8 + 0,8 = 262,6 \text{ руб}$.

4. Разработка сборочно-сварочных приспособлений

4.1 Обоснование выбора сборочно-сварочных приспособлений

Согласно НТД [8] сборку соединений труб диаметром более 400мм, одной номинальной толщины стенки следует выполнять с применением внутренних гидравлических или пневматических центраторов, а выбранный способ сварки(см. п. 3.1.2) предусматривает необходимость выполнение внутреннего корневого шва, таким образом центратор должен в своей конструкции иметь сварочные головки и обеспечить выполнение данной операции.

При сборке-сварке труб используется внутренний центратор CRC-Evans IPLC 46-48.

Центратор внутренний пневматический IPLC используется для центрирования и сварки труб диаметром 305-1524мм. Центратор является пневматической машиной с автономным приводом. Технические данные центратора CRC-Evans IPLC 46-48 представлены в таблице 4.1 [42].

Особенности [42]:

- может использоваться с трубами двух диаметров
- Регулируется под различную толщину стенки трубы.

Внешний вид центратора CRC-Evans IPLC 46-48 представлен на рисунке 4.1.



Рисунок 4.1 Внешний вид центратора CRC-Evans IPLC 46-48

Таблица 4.1 – Технические данные центратора CRC-Evans IPLC 46-48 [42]

Параметр	Значение
Диаметр труб, мм	720
Количество жимков в одном центрирующем ряду, шт.	22
Привод центратора	электродвигатель Д-4500, с насосом 465К, 465МТВ
Длина, мм	3673
Ширина, мм	1143
Высота, мм	1181
Масса, кг	1424

5. Проектирование участка сборки сварки

5.1 Пространственное расположение производственного процесса

Строительная полоса сооружения линейной части магистрального трубопровода представляет собой линейно-протяженную строительную площадку, в пределах которой передвижными механизированными производственными подразделениями – колоннами, бригадами, звеньями – выполняется весь комплекс строительства трубопровода, в том числе [42]:

- основные – строительные, строительско-монтажные и специальные строительные работы (СМР);
- вспомогательные – погрузка, транспортировка и разгрузка труб, изоляционных, сварочных и других материалов, оборудования, машин, механизмов, конструкций, изделий, деталей и др., обеспечивающих бесперебойное производство СМР;
- обслуживающие – контроль качества и безопасности производства СМР, обеспечение выполнения природоохранных мероприятий при выполнении основных и вспомогательных строительных процессов, техническое обслуживание и ремонт машин, механизмов, социально-бытовое обслуживание строителей, охрана материальных ценностей и т.п.

Подготовительные работы подразделяются на внетрассовые и внутритрассовые, относимые соответственно к мобилизационному и подготовительно-технологическому этапам подготовки строительного производства.

Во всех природно-климатических условиях строительства линейной части магистральных газопроводов при подготовке строительной полосы следует соблюдать четыре основных принципа [42]:

- первый – нанесение минимального ущерба окружающей природной среде (экологический принцип);
- второй – подготовка полос работы сварочно-монтажных бригад и

изоляция-укладочных колонн должна обеспечивать технически, технологически и организационно условия для разгрузки труб или трубных секций, их сварки в плети (сплошную нитку) различными методами, для выполнения изоляционно-укладочных работ (совмещенным или отдельным способом при трассовой изоляции и отдельным – при трубах с заводской или базовой изоляцией), а также для закрепления нефтепровода на проектных отметках путем его балластирования (железобетонными пригрузами, грунтом, грунтом с использованием нетканых синтетических материалов – НСМ и др.) или закрепления анкерными устройствами. Кроме того, указанные полосы должны обеспечивать аналогичные условия для выполнения работ по заварке захлестов и врезке линейной арматуры, устройству системы электрохимической защиты (ЭХЗ) нефтепровода, очистки полости трубопровода, а в дальнейшем обеспечивать эксплуатационное обслуживание линейной части магистрального нефтепровода [42];

- третий – планировка полосы разработки траншеи (с учетом диаметра и толщины стенки труб она должна соответствовать радиусу упругого изгиба нефтепровода в вертикальной плоскости за исключением участков врезки кривых вертикальных вставок, предусмотренных проектом) при геодезическом контроле на всем протяжении трассы;

- четвертый – полоса движения транспортных средств (вдольтрассовый проезд) должна быть спланирована с учетом возможности беспрепятственной транспортировки основных грузов – одиночных труб, длинномерных секций труб (до 36 м).

В свете этих основных принципов подготовка строительной полосы сооружения магистрального нефтепровода существенно усложняется в условиях болот и заболоченной местности (устройство дорог для прохода тяжелой строительной техники, закрепление нефтепровода на проектных отметках и др.), но еще более – в условиях вечномерзлых грунтов. Это связано с сохранением растительного покрова на участках грунтов, неустойчивых при оттаивании, опасностью образования по трассе нефтепроводов, проложенных

в едином «коридоре», тундровых озер значительных размеров, что может исключить возможность эксплуатационного обслуживания газопроводов [42].

5.2 Расчет основных элементов производства

К основным элементам производства относятся рабочие, ИТР, контролеры, оборудование, материалы и энергетические затраты [39].

5.2.1 Определение количества необходимого числа оборудования

Количество необходимого числа оборудования определяется по формуле.

$$n_p = \frac{T_r}{\Phi_d}, \quad (5.1)$$

где, T_r – время необходимое для выполнения годовой программы продукции, ч.;

Φ_d – действительный фонд рабочего времени, ч.;

$$T_r = (N \cdot T) / 60, \quad (5.2)$$

где, N – годовая программа выпуска продукции, $N = 30\,000$ шт.;

T – длительность одной операции, мин.

Для корневого шва:

$$T_r = (30000 \cdot 2,6) / 60 = 1300 \text{ ч.},$$

Φ_H – номинальный фонд рабочего времени в одну смену равен 1973 часа, найдем действительный отняв от номинального процент потерь времени:

$$\Phi_d = \Phi_H - 5\% = 1973 - 5\% = 1874 \text{ ч.},$$

$$n_p = \frac{1300}{1874} = 0,7$$

округляем n_p в большую сторону и принимаем $n_p' = 1$.

Найдем коэффициент загрузки оборудования:

$$K_3 = \frac{n_p}{n_p'} = \frac{0,7}{1} = 0,7.$$

Для горячего прохода:

$$T_r = (30000 \cdot 1,5) / 60 = 750 \text{ ч.},$$

$$n_p = \frac{750}{1874} = 0,4$$

округляем n_p в большую сторону и принимаем $n_p' = 1$.

Согласно НТД [8] при сварке горячего прохода двухсторонней автоматической сваркой в среде защитных газов проволокой сплошного сечения рекомендуется использовать две сварочные головки Р260.

Найдем коэффициент загрузки оборудования:

$$K_3 = \frac{n_p}{n_p'} = \frac{0,4}{1} = 0,4.$$

Для заполняющего и облицовочного слоев:

$$T_r = (30000 \cdot 4,7) / 60 = 2350 \text{ ч.},$$

$$n_p = \frac{2350}{1874} = 1,2$$

округляем n_p в большую сторону и принимаем $n_p' = 2$, что соответствует требованиям НТД [8] для двухсторонней автоматической сварки в среде защитных газов проволокой сплошного сечения, заполняющего и облицовочного слоя шва сваривать одновременно двумя головками Р600.

Найдем коэффициент загрузки оборудования:

$$K_3 = \frac{n_p}{n_p'} = \frac{1,2}{2} = 0,6.$$

5.2.2 Определение состава и численности рабочих

Определим время необходимое для выполнения годовой программы продукции, ч.

Для коренного шва:

$$T_r = 1300 \text{ ч.}$$

Φ_H – номинальный фонд рабочего времени в одну смену равен 1 973 часа, найдем действительный отрыв от номинального процент потерь времени:

$$\Phi_{\text{д}} = \Phi_{\text{н}} - 5\% = 1973 - 5\% = 1874 \text{ ч.},$$

Определим количество рабочих явочных [39]:

$$P_{\text{яв}} = \frac{T_r}{\Phi_{\text{н}}} = \frac{1300}{1973} = 0,6.$$

Принимаем число сварщиков равным $P_{\text{яв}} = 1$

Определим количество рабочих списочных [39]:

$$P_{\text{сп}} = \frac{T_r}{\Phi_{\text{д}}} = \frac{1300}{1874} = 0,69.$$

Принимаем число сварщиков равным $P_{\text{сп}} = 1$

Для горячего прохода:

$$T_r = 750 \text{ ч.}$$

$$P_{\text{яв}} = \frac{T_r}{\Phi_{\text{н}}} = \frac{750}{1973} = 0,38.$$

Принимаем число сварщиков равным $P_{\text{яв}} = 1$

$$P_{\text{сп}} = \frac{T_r}{\Phi_{\text{д}}} = \frac{750}{1874} = 0,4.$$

Принимаем число сварщиков равным $P_{\text{сп}} = 1$

Согласно НТД [8] при сварке горячего прохода применяется два сварочных автомата Р260, тогда принимаем число сварщиков равным 2.

Для заполняющего и облицовочного слоев шва:

$$T_r = 2350 \text{ ч.}$$

$$P_{\text{яв}} = \frac{T_r}{\Phi_{\text{н}}} = \frac{2350}{1973} = 1,19.$$

Принимаем число сварщиков равным $P_{\text{яв}} = 2$

$$P_{\text{сп}} = \frac{T_r}{\Phi_{\text{д}}} = \frac{2350}{1874} = 1,2.$$

Принимаем число сварщиков равным $P_{\text{сп}} = 2$

Бригада по сварке труб состоит из 5-ти человек, в том числе [8]:

электросварщик-оператор

5 чел.

6. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

6.1 Финансирование проекта и маркетинг

Маркетинг – это организационная функция и совокупность процессов создания, продвижения и предоставления ценностей покупателям и управления взаимоотношениями с ними с выгодой для организации. В широком смысле задачи маркетинга состоят в определении и удовлетворении человеческих и общественных потребностей.

6.2 Экономический анализ техпроцесса

Разработка технологического процесса изготовления поворотных кольцевых стыковых соединений труб допускает различные варианты решения.

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

Показатель приведенных затрат является обобщенным показателем. В нем находят отражения большинство достоинств и недостатков каждого из сравниваемых вариантов технологического процесса. Расчет приведенных затрат Z_n , руб/изд. производят по формуле [43]:

$$Z_n = C + E_n \cdot K \quad (6.1)$$

где C – себестоимость единицы продукции, руб/изд·год;

E_n – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений, (руб/год)/руб;

K – капитальные вложения в производственные фонды, руб/изд.год.

В разработанном технологическом процессе изготовления неповоротных кольцевых стыковых соединений труб в качестве способа сварки предложена двухсторонняя автоматическая сварка в среде защитных газов проволокой сплошного сечения, сварка корневого слоя шва и горячего прохода выполняется проволокой сплошного сечения TS-6 диам. 0.9 мм., сварка облицовочного и заполняющего слоев швов выполняется проволокой сплошного сечения K-600 диам. 1 мм. Для защиты сварочной дуги применяются защитные газы. При сварке корневого слоя шва применяется сварочная смесь ISO 14175-M21-ArC-25, при сварке горячего прохода применяется ISO 14175- C1 и при сварке заполняющих и облицовочного слоев шва применяется сварочная смесь ISO 14175- M20-ArC-15 Автоматическая сварка выполняется с помощью комплекса CRC-Evans Automatic Welding.

Проведем технико-экономический анализ разработанного технологического процесса изготовления неповоротных кольцевых стыковых соединений труб. Расчеты будем проводить для трубы диаметром 720 мм, толщиной стенки 21,2 мм.

6.2.1 Расчет капитальных вложений в производственные фонды

При расчете приведенных затрат капитальные вложения определяют, как сумму следующих расходов [43]:

$$K = K_o + K_n + K_{п.о.} + K_{зд}, \quad (6.2)$$

где K_o – стоимость сварочного оборудования;

K_n – стоимость приспособлений;

$K_{п.о.}$ – стоимость подъемно-транспортного оборудования;

$K_{зд}$ – стоимость части здания, приходящегося на оборудование и приспособления.

6.2.1.1 Определение капитальных вложений в оборудование и приспособления

Капитальные вложения в оборудование определяем по формуле [43]:

$$K_{\text{co}} = \sum_{i=1}^n C_{\text{oi}} \cdot O_i \cdot \mu_{\text{oi}} \quad (6.3)$$

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

O_i – количество оборудования i -го типоразмера, ед.;

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

Цены на оборудование берутся за 01.01.2022 (смотри таблицу 6.1).

Таблица 6.1 – Оптовые цены на сварочное оборудование [46-50]

Наименование оборудования	Количество, шт	Ц _о , руб.
Сварочный автомат IWM	1	8 500 000
Сварочный автомат П600	2	5 400 000
Сварочный автомат П260	2	3 000 000
источник питания DC-400;	2	660 000
источник питания Fronius TPS 3200 Pip.	2	540 000

Капитальные вложения в сварочное оборудование приведены в таблице 6.2.

Таблица 6.2 – Капитальные вложения в сварочное оборудование

Наименование оборудования	K _{co} , руб. · год
Сварочный автомат IWM 1шт.	5 950 000
Сварочный автомат П600 2шт.	12 960 000
Сварочный автомат П260 2шт.	4 800 000

источник питания DC-400 2шт.	528 000
источник питания Fronius TPS 3200 2шт.	648 000
Итого	24 886 000

6.2.1.2 Капитальные вложения в подъемно-транспортное оборудование

Капитальные вложения в сварочный агрегат TWM - 180 [44] грузоподъемностью $Q = 25$ т. определяют по формуле:

$$Цв K_{п.о.} = Ц_{п.о.} \cdot n_{п.о.}, \quad (6.4)$$

где $Ц_{п.о.}$ – оптовая цена единицы подъемно-транспортного оборудования, руб.;

$n_{п.о.}$ – количество подъемно-транспортного оборудования, ед.

$$K_{п.о.} = 7950000 \cdot 2 = 15\,900\,000 \text{ руб.}$$

6.2.2 Расчет себестоимости единицы продукции

В техническую себестоимость сварочных работ включаются следующие статьи затрат:

- затраты на металл;
- затраты на сварочные материалы;
- затраты на электроэнергию;
- затраты на оплату труда;
- расходы на эксплуатацию и содержание оборудования.

Определим себестоимость продукции по формуле [43]:

$$C = N_{Г} \cdot (C_{М} + C_{с.м.} + C_{зп.сд.} + C_{эс} + C_{об}), \quad (6.5)$$

где $C_{М}$ – затраты на основной материал, руб;

$C_{с.м.}$ – затраты на сварочные материалы, руб;

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

$C_{э.с}$ – затраты на силовую электроэнергию, руб;

$C_{об}$ – затраты на содержание и эксплуатацию оборудования.

6.2.2.1 Определение затрат на основные материалы

Затраты на металл, идущий на изготовление изделия (плеть из двух труб) определяем по формуле [43]:

$$C_M = m_M \cdot k_{Т.З.} \cdot C_M, \text{ руб./изд.}, \quad (6.6)$$

где m_M – норма расхода материала на одно изделие, кг;

C_M – средняя оптовая цена стали 17Г1С, на 01.01.2022, руб./кг:

для стали 17Г1С $C_M=21$ руб./кг [25], при $m_M=4622$ кг; масса изделия плети из двух труб рассчитана компас 3d v18.1.

$k_{Т.З.}$ – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы при приобретении материалов $k_{Т.З.}=1,04$ [43].

$$C_M=1,04 (4622 \cdot 21) = 101\,000 \text{ руб/изд.}$$

6.2.2.2 Определение затрат на сварочные материалы

Затраты на электродную проволоку сплошного сечения определяем по формуле [43]:

$$C_{п.с.} = \sum_{d=1}^h G_d \cdot k_{nd} \cdot \psi_p \cdot C_{п.с.}, \text{ руб/изд.}, \quad (6.7)$$

где G_d – масса наплавленного металла электродной проволоки, кг: $G_d = 0,24$ кг – для проволоки TS-6 для разработанного технологического процесса;

k_{nd} – коэффициент, учитывающий расход сварочной проволоки [27],

$k_{nd} = 1,03$;

ψ_p – коэффициент потерь на разбрызгивание, зависящий от способа сварки [27],

$\psi_p = 1,01 \dots 1,15$, принимаем $\psi_p = 1,01$;

$C_{п.с.} = 300$ – стоимость сварочной проволоки TS, руб/кг на 01.01.2022.

$$C_{п.с.} = (0,24 \cdot 300) 1,03 \cdot 1,01 = 74,1 \text{ руб.}$$

Для проволоки сплошного сечения К-600:

$$G_d = 3,2 \text{ кг};$$

$$k_{nd} = 1,03;$$

$$\psi_p = 1,0;$$

$C_{п.с} = 250$ – стоимость сварочной проволоки К-600, руб/кг на 01.01.2022.

$$C_{п.с.} = (3,2 \cdot 250) \cdot 1,03 \cdot 1,0 = 824 \text{ руб.}$$

Затраты на защитный газ определяются по формуле [43]:

$$C_{газ} = \sum_{i=1}^n t_{уик\ i} \cdot q_{газ\ i} \cdot C_{газ} \text{ руб./изд.}, \quad (6.8)$$

где $t_{уик\ i}$ - норма времени на выполнение i -й операции, мин/опер.;

n – количество операций;

$q_{газ\ i} = 9,5$ – расход газа л/мин;

$C_{газ}$ - стоимость газа;

Затраты на сварочную смесь ISO 14175-M21-ArC-25:

$$t_{уик\ i} = 2,6 \text{ мин / опер.};$$

За 2,6 мин. сварки требуется 26 л. газообразной сварочной смеси;

$C_{газ} = 0,12 \text{ руб.}$ за 1 л. газообразной сварочной смеси;

$$C_{газ} = 2,6 \cdot 9,5 \cdot (0,12 \cdot 26) = 77 \text{ руб./изд.},$$

Затраты на сварочную смесь ISO 14175- M20-ArC-15 :

$$t_{уик\ i} = 4,7 \text{ мин / опер.};$$

За 4,7 мин. сварки требуется 47 л. газообразной сварочной смеси;

$C_{газ} = 0,13 \text{ руб.}$ за 1 литр газообразной сварочной смеси;

$$C_{газ} = 4,7 \cdot 9,5 \cdot (0,13 \cdot 47) = 272,8 \text{ руб./изд.},$$

Затраты на защитный газ ISO 14175- C1:

$$t_{уик\ i} = 1,5 \text{ мин / опер.};$$

За 1,5 мин. сварки требуется 15 л. газообразного защитного газа;

$C_{газ} = 0,05 \text{ руб.}$ за 1 литр газообразного защитного газа;

$$C_{газ} = 1,5 \cdot 9,5 \cdot (0,05 \cdot 15) = 10,7 \text{ руб./изд.},$$

Общие затраты на сварочные материалы составляют:

$$74,1 + 824 + 77 + 272,8 + 10,7 = 1258 \text{ руб./изд.}$$

6.2.2.3 Определение затрат на заработную плату

Затраты на заработную плату производственных рабочих рассчитываем по формуле [43]:

$$C_3 = t_k \cdot \text{ЧТС} \cdot K_{\text{доп}} \cdot K_{\text{д.з.}} \cdot K_c, \quad (6.9)$$

где t_k – время сварочных работ, ч/м шва;

ЧТС – часовая тарифная ставка на 01.01.2022, руб/ч., ЧТС– 337,5 руб.;

$K_{\text{доп}}$ – коэффициент, учитывающий доплаты и премии к тарифной заработной плате, равен 1,4;

$K_{\text{д.з.}}$ – коэффициент, учитывающий дополнительную заработную плату, равен 1,2;

K_c – страховые взносы соответственно в пенсионный фонд РФ, в фонд социального страхования, в фонд обязательного медицинского страхования (ОМС), в фонд страхования от несчастного случая –1,3.

$$C_3 = 0,81 \cdot 337,5 \cdot 1,4 \cdot 1,2 \cdot 1,3 = 597 \text{ руб/изд.}$$

6.2.2.4 Определение затрат на силовую электроэнергию

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

- расход дизельного топлива, потребляемого генератором [43]:

$$C_{\text{топ}} = t_{\text{дг}} \cdot M_{\text{топ}} \cdot C_{\text{топ}}, \text{ руб}, \quad (6.10)$$

где $t_{\text{дг}}$ – продолжительность работы дизельного генератора во время сварки, при нагрузке 70%, $t_{\text{дг}}=0,14$ ч;

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

$C_{\text{топ}}=55$ руб/л – цена дизельного топлива;

$$C_{\text{топ}}=0,14 \cdot 34 \cdot 55 = 261,8 \text{ руб},$$

- расход масла:

$$C_{\text{мас}} = t_{\text{дг}} \cdot M_{\text{мас}} \cdot C_{\text{мас}}, \text{ руб}, \quad (6.11)$$

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

$C_{\text{мас}} = 80$ руб/л – цена масла.

$$C_{\text{мас}} = 0,14 \cdot 0,07 \cdot 80 = 0,8 \text{ руб},$$

Затраты на электроэнергию составят: $Z_{\text{тэ}} = 261,8 + 0,8 = 262,6$ руб.

6.2.2.5 Определение затрат на содержание и эксплуатацию оборудования

Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования и помещений включают амортизационные отчисления и затраты на текущий ремонт и обслуживание.

1. Амортизационные отчисления.

Для этого необходимо определить затраты, связанные с обеспечением работ оборудования.

Годовые амортизационные отчисления зависят от стоимости электросварочного оборудования, стоимости механического и вспомогательного оборудования, стоимости приспособлений и подъемно-транспортного оборудования, и определяются по формуле:

$$C_{\text{об}} = \frac{K_{\text{О}} \cdot n_{\text{О}}}{T_{\text{О}} \cdot N_{\text{Г}}} + \frac{K_{\text{П}} \cdot n_{\text{П}}}{T_{\text{П}} \cdot N_{\text{Г}}} + \frac{K_{\text{П.О}} \cdot n_{\text{П.О}}}{T_{\text{П.О}} \cdot N_{\text{Г}}}, \quad (6.12)$$

где $K_{\text{О}}$ – стоимость основного сварочного оборудования;

$T_{\text{О}}$ – срок службы основного сварочного оборудования,

$$T_{\text{О}} = 5 \text{ лет};$$

$K_{\text{П}}$ – стоимость приспособлений;

$T_{\text{П}}$ – срок службы приспособлений,

$$T_{\text{П}} = 5 \text{ лет};$$

$K_{\text{П.О}}$ – стоимость подъемно-транспортного оборудования;

$T_{\text{П.О}}$ – срок службы подъемно-транспортного оборудования,

$$T_{\text{П.О}} = 20 \text{ лет [44]}.$$

$$C_{об} = \frac{(8500000 + 10800000 + 6000000 + 1320000 + 1080000) \cdot 9}{5 \cdot 30000} + \frac{0 \cdot 0}{5 \cdot 30000} + \frac{7950000 \cdot 2}{20 \cdot 30000} = 1688,5 \text{ руб.}$$

2. Затраты на текущий ремонт и обслуживание.

Стоимость ремонта и обслуживания принимается в размере 3% от стоимости оборудования. Затраты на текущий ремонт дорогостоящего инструмента принимаются в размере 10-20% его балансовой стоимости оборудования. Стоимость ремонта и обслуживания рассчитаем по формуле [43]:

$$C_{р\text{ио}} = \frac{(K_O \cdot n_o + K_{II} \cdot n_{II} + K_{II.O} \cdot n_{II.O}) \cdot k_{р\text{ио}}}{N_r}, \quad (6.13)$$

где $k_{р\text{ио}}$ – коэффициент ремонта и обслуживания принимается в размере 3% от стоимости оборудования.

$$C_{р\text{ио}} = \frac{[(8500000 + 10800000 + 6000000 + 1320000 + 1080000) \cdot 9 + 0 \cdot 0 + 7950000 \cdot 1] \cdot 0,03}{30000} = 265,2 \text{ руб.}$$

Результаты расчетов по определению технологической себестоимости сводятся в таблицу 6.3.

Таблица 6.3 – Технологическая себестоимость

№ п/п	Затраты	Сумма, руб.
1	Затраты на основной металл	101 000
2	Затраты на сварочные материалы	
2.1	Затраты на электроды	-
2.2	Затраты на сварочную проволоку	898,1
2.3	Затраты на защитный газ	360,5
2.4	Стоимость флюса	-

3	Заработная плата	
3.1	Основная и дополнительная заработная плата производственных рабочих с отчислениями на социальное страхование	597
4	Затраты на электроэнергию	262,6
5	Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования	
5.1	Амортизационные отчисления	1688,5
5.2	Затраты на текущий ремонт и обслуживание	265,2
ИТОГО технологическая себестоимость изготовления изделия (плеть из двух труб):		105 071

6.3 Расчёт технико-экономической эффективности

Определим себестоимость изготовления годовой программы (30 000 шт.) выпуска изделия:

$$C=30000 \cdot 105071= 3\,152\,157\,000 \text{ руб/изд. год,}$$

Определим капитальные вложения:

$$K= 8500000+10800000+6000000+1320000+1080000+ 7950000= 44\,600\,000 \text{ руб/изд. год,}$$

Определим количество приведенных затрат изготовления годовой программы (30 000 шт.) выпуска изделия:

$$Z_{п}^2 = 3\,152\,157\,000 + 0,15 \cdot 36\,650\,000 = 3\,158\,847\,000 \text{ руб/изд. год.}$$

6.4 Основные технико-экономические показатели участка представлены в таблице 6.4

Таблица 6.4 – Основные технико-экономические показатели участка

№п/п	Параметр	Значение
1	Годовая производственная программа, шт.	30000
2	Трудоёмкость изготовления одного изделия, час	0,14
3	Количество оборудования, шт.	9
4	Количество производственных рабочих, чел	5
5	Норма расхода материала, кг	4622
6	Количество приведенных затрат изготовления годовой программы выпуска изделия, (руб./изд.) · год	3 158 847 000
7	Себестоимость изготовления годовой программы выпуска изделия, руб.	3 152 157 000

Вывод. В ходе исследования финансового менеджмента, ресурсоэффективности и ресурсосбережения были определены цены на оборудование, приспособления, основные и вспомогательные материалы; рассчитаны капитальные вложения в сварочное оборудование, приспособления, так же затраты на основной металл, сварочную проволоку, защитный газ, зарплату рабочим, расходы на электроэнергию, амортизацию и ремонт оборудования и приспособлений, в ходе чего мы получили следующие цифры:

- капитальные вложения 44 600 000 руб;
- себестоимость продукции 3 152 157 000 руб.

В результате проведенных расчетов было определено количество приведенных затрат 3 158 847 000 руб/изд. год.

7 Социальная ответственность

7.1 Описание рабочего места

В данной выпускной квалификационной работе производится сварка и контроль качества неповоротных кольцевых стыковых соединений труб. По разработанному технологическому процессу производится двухсторонняя автоматическая сварка в среде защитных газов проволокой сплошного сечения комплектом CRC-Evans AW. В качестве контролирующих методов используются: визуально-измерительный контроль; метод неразрушающего радиографического контроля; ультразвуковой контроль. Для проведения контроля используется Комплекс автоматизированного неразрушающего контроля УНИСКАН МТ [37].

7.2 Законодательные и нормативные документы

Формализация всех производственных процессов и их подробное описание в регламентах, разнообразных правилах и инструкциях по охране труда позволяет создать максимально безопасные условия работы для всех сотрудников организации. Проведение инструктажей и постоянный тщательный контроль за соблюдением требований охраны труда – это гарантия значительного уменьшения вероятности возникновения аварийных ситуаций, заболеваний, связанных с профдеятельностью человека, травм на производстве.

Именно инструкции считаются основным нормативным актом, определяющим и описывающим требования безопасности при выполнении должностных обязанностей служащими и рабочими. Такие документы разрабатываются на базе:

- положений «Стандартов безопасности труда»;

- законов о труде РФ;
- технологической документации;
- норм и правил отраслевой производственной санитарии и безопасности труда;
- типовых инструкций по ОТ;
- пунктов ЕСТД («Единая система техдокументации»);
- рекомендаций по эксплуатации и паспортов различных видов агрегатов и оборудования, используемого в организации (при этом следует принимать во внимание статистические данные по производственному травматизму и конкретные условия работы на предприятии).

Основы законодательства Российской Федерации об охране труда обеспечивают единый порядок регулирования отношений в области охраны труда между работодателями и работниками на предприятиях, в учреждениях и организациях всех форм собственности независимо от сферы хозяйственной деятельности и ведомственной подчиненности. Основы законодательства устанавливают гарантии осуществления права на охрану труда и направлены на создание условий труда, отвечающих требованиям сохранения жизни и здоровья работников в процессе трудовой деятельности и в связи с ней.

Среди законодательных актов по охране труда основное значение имеет Конституция РФ, Трудовой Кодекс РФ, устанавливающий основные правовые гарантии в части обеспечения охраны труда, а также Федеральный закон от 21.12.1994 № 69-ФЗ «О пожарной безопасности», Федеральный закон от 24.07.1998 № 125-ФЗ «Об обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний». Из подзаконных актов отметим постановления Правительства РФ: «О государственной экспертизе условий труда» от 25.04.2003 № 244, «О государственном надзоре и контроле за соблюдением законодательства РФ о труде и охране труда» от 09.09.1999 № 1035 (ред. от 28.07.2005).

К нормативным документам относятся:

- 1 ГОСТ 12.1.005-88. ССБТ. Воздух рабочей зоны. Общие санитарно-

гигиенические требования. М.: Изд. стандартов, 1989.

2 ГОСТ 12.1.030-81. ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление. М.: Изд. стандартов, 1982.

3 ГОСТ 12.1.012-90. ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования. М.: Изд. стандартов, 1990.

4 ГОСТ 12.1.046-78. ССБТ. Методы и средства вибрационной защиты. Классификация. М.: Изд. стандартов, 1990.

5 ГОСТ 12.1.003-83. Шум. Общие требования безопасности. М.: Изд. стандартов, 1984.

6 Правила устройства электроустановок. М.: Энергоатомиздат, 1998.

7 Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей. М.: Энергоатомиздат, 1994.

8 Санитарные нормы СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки.

9 Санитарные нормы СН 2.2.4/2.1.8.566-96. Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий. М.: Информ.-издат. центр Минздрава России, 1997.

10 Санитарные правила и нормы СанПиН 2.2.4.548096. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. 1996.

7.3 Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды

Производственные условия характеризуются, как правило, наличием опасных и вредных факторов. Произведем анализ факторов применимо к данному проекту.

1. Запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны.

При дуговой сварке вне помещения, т.е. в нестационарных условиях и последующем рентгенографическом контроле могут быть выявлены следующие опасные и вредные факторы [45]:

- психофизиологические нагрузки на рабочего;
- пожароопасность;
- опасность поражения электрическим током.

2. Производственный шум.

Источниками шума при производстве сварных конструкций являются:

- сварочное оборудование;
- сварочная дуга;
- слесарный инструмент: молоток ($m = 2$ кг) ГОСТ 2310-77, шабер, углошлифовальная машина Вихрь УШМ-125/800 ГОСТ 12.2.013.3-2002, молоток рубильный МР – 22.

Шумом принято называть любой нежелательный звук, воспринимаемый органом слуха человека, и представляет собой беспорядочное сочетание звуков различной интенсивности и частоты. Характеристикой шума является уровень звукового давления. Источниками шума на участке служит источник тока и треск при проведении сварочных работ [51].

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

Мероприятия по борьбе с шумом.

Для защиты органов слуха от шума рекомендуется использовать противозумовые наушники по ГОСТ 12.4.275-2014.

3. Вибрация.

Вибрация представляет собой механическое колебательное движение, простейшим видом которого является гармоническое (синусоидальное) колебание.

По способу передачи принято различать вибрацию локальную, передаваемую через руки (при работе с ручными машинами, органами управления), и общую передаваемую через опорные поверхности или стоящего человека.

Местная вибрация.

По источнику возникновения локальные вибрации подразделяются на передающиеся от:

- ручных машин с двигателями (или ручного механизированного инструмента), органов ручного управления машинами и оборудованием;
- ручных инструментов без двигателей (например, рихтовочные молотки разных моделей) и обрабатываемых деталей.

Вибрацию создают углошлифовальные машинки Вихрь УШМ-125/800 ГОСТ 12.2.013.3-2002.

7.3.1 Обеспечение требуемого освещения на участке

Освещение, обеспечивающее нормальные зрительные условия работы, является важным фактором в организации производственного процесса.

Требуемый уровень освещения определяется степенью точности сборочных работ.

При сварке поворотного кольцевого сварного стыка применимо только световое время суток. В разные времена года оно различно. Так в летний период времени рабочий день составляет 12 часов, а в зимний – не более 8 часов, поэтому практический расчет освещения производится не будет.

7.4 Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производённой среды

Инфракрасное излучение от нагретого металла, сварочной ванны и сварочной дуги, так называемое лучистое тепло, может быть опасным для работающего. Нагретые твердые тела становятся источниками теплоты и путем конвекции нагревают воздух вокруг себя. Под действием инфракрасного излучения, в организме человека происходят биохимические сдвиги и нарушение работы сердечно-сосудистой и нервной систем.

Рентгеновские аппараты могут представлять опасность как источники рентгеновского излучения. При проведении рентгенографического контроля персонал может подвергаться воздействию прямого и рассеянного излучения.

2. Защита от сварочных и рентгеновских излучений.

Маска из фибры защищает лицо, шею от вредных излучений сварочной дуги.

Спецодежда по ГОСТ 12.4.250-2013 – костюм и брюки, а также рукавицы, изготавливаются из брезента и служат для защиты тела и рук от брызг сварки, и теплового излучения.

Для защиты ног сварщиков используют специальные ботинки, исключающие попадание искр и капель расплавленного металла. Перечень средств индивидуальной защиты, имеющиеся на проектируемом участке приведен в таблице 7.1.

Для защиты рук от брызг и лучистой энергии применяют брезентовые рукавицы.

Во избежание затекания раскаленных брызг костюмы должны иметь гладкий покррой, а брюки необходимо носить навывпуск [52].

Таблица 7.1 – Средства индивидуальной защиты, имеющиеся на проектируемом участке

Наименование средств индивидуальной защиты	Документ, регламентирующий требования к средствам индивидуальной защиты
Костюм брезентовый для сварщика	ТУ 17-08-327-91
Ботинки кожаные	ГОСТ 27507-90
Рукавицы брезентовые (краги)	ГОСТ 12.4.010-75
Перчатки диэлектрические	ТУ 38-106359-79
Куртка х/б на утепляющей прокладке	ГОСТ 29.335-92

Другим опасным фактором является ионизирующее излучение. При эксплуатации рентгеновских аппаратов следует руководствоваться «Основными санитарными правилами обеспечения радиационной безопасности» (ОСПОРБ-99), «Нормами радиационной безопасности» (НРБ-99), «Санитарными правилами и нормативами» (СанПиН 2.6.1.1015-01), а также инструкциями по эксплуатации аппаратов.

В соответствии с НРБ-99 установлены следующие категории облучаемых лиц:

- персонал, то есть работающие с источниками радиоактивного облучения (группа А) или находящиеся по условиям работы в сфере их воздействия (группа Б);
- население.

Для этих категорий установлены следующие дозовые пределы, превышение которых рассматривается как повышенное или аварийное облучение (таблица 7.2).

Таблица 7.2 – Пределы облучения

Категория	Дозовый предел эффективной дозы, м ³ в/год	Проектная мощность дозы, мР/смену
Группа А	20, но не более 50	8
Группа Б	5, но не более 12,5	2
население	1, но не более 5	0,03 мР/ч

Снижение уровня дозовой нагрузки до указанных предельных значений осуществляют следующим образом:

- применение барьерной защиты из поглощающих материалов;
- защита расстоянием, т.е. удалением от аппарата на безопасное расстояние;
- защита временем, т.е. ограничением времени работы аппарата.

Практически возможна комбинированная защита всеми тремя способами или их попарными сочетаниями. Применяемые методы защиты определяются условиями, в которых проводится рентгенографический контроль.

При просвечивании в полевых условиях защита осуществляется расстоянием, а при необходимости и ограничением времени наработки в смену. При этом персонал должен находиться в наиболее безопасной зоне вне прямого пучка. Для импульсных рентгеновских аппаратов такой зоной является конус с углом при вершине 150° , ось которого совпадает с продольной осью аппарата, направление противоположно пучку излучения, а вершина находится в фокусе рентгеновской трубки. Безопасное расстояние в этой зоне составляет 20 м для персонала группы А и 100 м для персонала группы Б. Мощность экспозиционной дозы при этом для первых не превышает 1,5 мкР/с, а для вторых – 0,15 мкР/с. В этом случае время работы ограничено только тепловыми режимами аппарата и составляет 50% общего рабочего времени. Если необходимое для контроля время еще меньше, то и безопасная зона может быть уменьшена. При необходимости нахождения

оператора на меньшем расстоянии, чем указано выше и 50% сменной наработке, следует использовать дополнительные ширмы и экраны. Граница радиационно-опасной зоны должна обозначаться знаками радиационной безопасности и предупреждающими плакатами с расстоянием видимости не менее 3 м.

Рабочий пучок излучения следует ограничивать тубусами, коллиматорами и т.д. За изделием рекомендуется ставить свинцовый экран.

Во время работы аппаратуры оператор не должен оставлять без присмотра пульт управления.

До начала работ должны быть разработаны, согласованы и утверждены инструкции по радиационной безопасности, определены перечни лиц, которые будут работать в сфере действия рентгеновского излучения, обеспечены их обучение и инструктаж, назначены приказами лица, отвечающие за радиационную безопасность, контроль, учет и хранение аппаратов. Должна проводиться периодическая проверка знаний по технике безопасности, а также контроль за соблюдением правил и норм радиационной безопасности и за дозами облучения персонала.

3. Электрический ток.

На данном участке используется различное сварочное оборудование. Его работа осуществляется при подключении к источнику переменного тока с напряжением 380 В.

Общие требования безопасности к производственному оборудованию предусмотрены ГОСТ 12.2.003-81. В них определены требования к основным элементам конструкций, органам управления и средствам защиты, входящим в конструкцию производственного оборудования любого вида и назначения.

4. Электробезопасность.

Для защиты от поражения электрическим током в полевых условиях применяют защитное заземление. Защитное заземление – это преднамеренное электрическое соединение с землей или ее эквивалентом металлических нетоковедущих частей электрического и технологического оборудования,

которое может оказаться под напряжением. Защитное заземление обеспечивает снижение напряжения между оборудованием и землей до безопасной величины.

В полевых условиях для заземления применяют естественные заземлители: металлические конструкции зданий и сооружений, имеющие соединение с землей, обсадные трубы, металлические шпунты гидротехнических сооружений и т.д. Естественные заземлители необходимо связывать с заземляющей сетью не менее, чем двумя проводниками, присоединенных к заземлителям в разных местах.

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

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

Сопротивление одиночного заземления, вертикально устанавливаемого в землю, определяется по формуле [53]:

$$R_{\text{ТР}} = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot l_{\text{Т}}} \cdot \ln \frac{2 \cdot l_{\text{Т}}}{d}, \quad (7.1)$$

где ρ - удельное сопротивление грунта, Ом см;

$$\rho = 1 \cdot 10^5 \text{ Ом см};$$

$l_{\text{Т}}$ – длина трубы, мм;

$$l_{\text{Т}} = 2000 \text{ мм};$$

d – наружный диаметр трубы, см;

$$d = 5 \text{ см}.$$

$$R_{\text{ТР}} = \frac{1 \cdot 10^5}{2 \cdot 3,14 \cdot 2000} \cdot \ln \frac{2 \cdot 2000}{5} = 13 \text{ Ом}.$$

Определяем требуемое число заземлителей по формуле:

$$n = \frac{R_{\text{ТР}}}{R_3 \cdot \eta_3}, \quad (7.2)$$

где R_3 – требуемое сопротивление осуществляемого заземления, Ом,

$$R_3 = 5 \text{ Ом};$$

η_3 – коэффициент экранирования,

$$\eta_3 = 0,8.$$

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

Принимаем $n=4$ шт.

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

$$R_n = \frac{\rho}{2 \cdot h \cdot l} \cdot \ln \frac{2 \cdot l_{\Pi}^2}{b/n}, \quad (7.3)$$

где ρ – удельное сопротивление грунта, Ом см;

l_{Π} – длина полосы, см;

b – ширина полосы, см;

h – глубина заложения полосы, см.

Длину полосы находим по формуле:

$$l_{\Pi} = 1,05 \cdot a \cdot (n-1), \quad (7.4)$$

где a – расстояние между заземлениями, см;

$$a = 2 \cdot l_{\text{тр}} = 2 \cdot 2 = 4 \text{ см.}$$

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

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

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

$$R_C = \frac{R_{\text{тр}} \cdot R_{\Pi}}{R_{\text{тр}} \cdot h_{\Pi} + R_{\Pi} \cdot \eta_{\Theta} \cdot n}, \quad (7.5)$$

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

n – число труб заземлений, шт;

η_{Θ} – коэффициент использования труб контура,

$$\eta_{\Theta} = 0,8;$$

h_{Π} – коэффициент использования соединительной полосы,

$$h_{\text{п}} = 0,7.$$

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

В результате проведённых расчётов получаем, что система заземления состоит из четырёх труб, вертикально вбитых в землю диаметром 50 мм и длиной 2 метра. Сопротивление одиночного заземлителя равно 13 Ом. Соединены между собой отдельно вбитые элементы заземления металлической полосой.

7.4.1 Разработка методов защиты от вредных и опасных факторов

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

Защита от движущихся механизмов.

Для защиты работающих от движущихся механизмов предусмотрено следующее:

- проходы: между оборудованием, движущимися механизмами и перемещаемыми деталями, а также между постами – не менее 1 м; между автоматическими сварочными постами – не менее 2 м;
- свободная площадь на один сварочный пост – не менее 3 м²;
- при эксплуатации подъёмно-транспортных устройств ограждение всех движущихся и вращающихся частей механизмов;
- контроль за правильностью строповки;
- контроль за своевременностью аттестации оснастки, грузоподъемных средств и стропов.

7.5 Охрана окружающей среды

В процессе сварки выделяются вредные и токсичные вещества, а также их оксиды их соединения. Так как сварка магистральных трубопроводов производится в полевых условиях, то о целесообразности охраны окружающей среды вопрос не стоит. Но при применении кабины в механизированной сварке есть возможность установки фильтра очистки во избежание вредных выбросов в атмосферу.

При сварке вблизи леса необходимо наличие рядом со сварщиком не менее 2 огнетушителей и ящика с песком чтобы не допустить возгорание лесного массива.

7.6 Защита в чрезвычайных ситуациях

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

На участке возможно возникновение пожара. Поэтому разработанный участок оборудован специальными средствами пожаротушения:

Рабочие места обеспечиваются следующими средствами тушения пожара:

- огнетушитель химический пенный ручной ОХП-10, предназначенный для тушения пожара твердых горючих материалов, легковоспламеняющихся и горючих жидкостей – 2шт.;

- огнетушитель углекислотный ОУ-5 для тушения небольших поверхностей горючих жидкостей, электрооборудования и установок, находящихся под напряжением – 2шт.

- ящик с сухим и чистым песком (для тушения различных видов возгорания).

7.7 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

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

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

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

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

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

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

Заключение

В выпускной квалификационной работе разработана технология сборки-сварки изготовления поворотных кольцевых стыковых соединений труб диаметром 720 мм.

В проекте представлен рациональный выбор способа сварки, произведен выбор режимов сварки. В работе предложено использовать двухстороннюю автоматическую сварку проволокой сплошного сечения в среде защитных газов комплексом CRC-Evans, так как она на сегодняшний день более перспективна при сборке и сварке трубопроводов. Представлены методы контроля качества кольцевых сварных соединений тремя методами.

Список использованных источников литературы

1. Мазур, И.И. Безопасность трубопроводных систем / И.И. Мазур, О.М. Иванцов. – М.: ИЦ «Елима». – 2004. – 1104 с.
2. Вышемирский Е. М. Состояние и основные направления развития сварочного производства ОАО «Газпром» // Сварка и Диагностика. – 2009. – № 1. – С. 16 – 19.
3. Вышемирский, Е.М. Новые технологии сварки при строительстве и ремонте газопроводов / Е.М. Вышемирский, А.В. Шипилов, В.И. Беспалов, Д.Г. Будревич // Наука и техника в газовой промышленности. – 2006. – № 2. – С. 27 – 34.
4. Иванов, А.Ю Обеспечение комплекса механических свойств зоны термического влияния сварных соединений труб классов прочности X80, X90 на основе исследования фазовых превращений и структуры: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. – Санкт-Петербург: «Прометей». – 2011.
5. Сенцов, С.И. Влияние системы менеджмента качества строительства на безотказность работы магистральных трубопроводов: Диссертация на соискание учёной степени доктора технических наук. – Москва: Российской государственной университет нефти и газа им. И.М. Губкина. – 2009.
6. Ланге, Б.С. Разработка методологии комплексной оценки качества магистральных трубопроводов в процессе строительного контроля: Диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук. – Москва: Российской государственной университет нефти и газа им. И.М. Губкина. – 2012.
7. Голиков Н.И. / Причины разрушения, повышение хладостойкости и эксплуатационной прочности сварных соединений газопроводов в условиях северо-востока России // Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук

8. СТО Газпром 2-2.2-136-2007г. ДОКУМЕНТЫ НОРМАТИВНЫЕ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ, СТРОИТЕЛЬСТВА И ЭКСПЛУАТАЦИИ ОБЪЕКТОВОАО «ГАЗПРОМ» ИНСТРУКЦИЯ ПО ТЕХНОЛОГИЯМ СВАРКИ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ И РЕМОНТЕ ПРОМЫСЛОВЫХ И МАГИСТРАЛЬНЫХ ГАЗОПРОВОДОВ.

9. ГОСТ Р ИСО 6520-1-2012 «Сварка и родственные процессы. Классификация дефектов геометрии и несплошности в металлических материалах. Часть 1. Сварка плавлением».

10. Классификатор дефектов магистральных и технологических трубопроводов; <https://mmetallurg.ru/marochnik-stali/konstrukcionnaya/uglerodistaya-obyiknovennaya/17g1s/?yclid=2425408227435117102>

11. Методы ремонта дефектов и дефектных секций действующих магистральных трубопроводов и нефтепродуктопроводов; <https://mmetallurg.ru/marochnik-stali/konstrukcionnaya/uglerodistaya-obyiknovennaya/17g1s/?yclid=2425408227435117102>

12. Винокуров В.А. Теория сварочных деформаций и напряжений / В.А. Винокуров, А.Г. Григорьянц. - М.: Машиностроение, 1984. - 284 с.

13. Прохоров, Н.Н. Физические процессы металлов при сварке / Н.Н. Прохоров. - М.: Металлургия, 1976. - Т. 2. - 600 с.

14. Рыкалин, Н.Н. Расчеты тепловых процессов при сварке / Н.Н. Рыкалин. - М.: Машгиз, 1951. - 296 с.

15. Шоршоров. М.Х. Металловедение сварки стали и сплавов титана / М.Х. Шоршоров. - М.: Наука, 1965. - 336 с.

16. Ueda, Y. Welding deformation and residual stress prevention / Y. Ueda, H. Murakawa, N. Ma. Kidlington, Oxford: Butterworth-Heinemann, 2012. - 292 p.

17. Кострюков А.Ю., Скворцов А.Ю. / Интегрированная система неразрушающего контроля качества сварных соединений труб магистральных

газопроводов «УНИСКАН МТ» // Газовая промышленность, Спецвыпуск № 3 (773) – С. 80-84

18. СТО Газпром 2-2.4-083–2006. Инструкция по неразрушающим методам контроля качества сварных соединений при строительстве и ремонте промысловых и магистральных газопроводов [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://znaytovar.ru/gost/2/STO_Gazprom_2240832006_Instruk.html

19. СТО Газпром 2-2.4-917–2014. Инструкция по радиографическому контролю качества сварных соединений при строительстве и ремонте промысловых и магистральных трубопроводов [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://zinref.ru/000_uchebniki/01500_gaz/140_STO_Gazprom_2-2_4-917-2014_INSTRUKTsIYa/001.htm

20. ГОСТ ISO 17636-2–2017. Неразрушающий контроль сварных соединений. Радиографический контроль [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200158604>

21. Алешин Н.П., Гладков Э.А., Доронин Ю.В., Бродягин В.Н., Кузнецов П.С., Шолохов М.А. / Актуальные вопросы сварки неповоротных стыков трубопроводов в монтажных условиях // Сварка и диагностика - №3 – 2013 – С. 36-41.

22. Pepe N., Yapp D. High productivity of welding of CRA pipes. 2nd South East European IIW International Congress. Sofia. Bulgaria. 2010.

23. Системы автоматической сварки компании CRC-Evans http://www.arguslimited.com.ua/upload/pdf/Sistemyi_avtomaticheskoy_svarki_kompanii_CRC-EVANSE.pdf

24. Национальное агентство контроля сварки [Электронный ресурс] – режим доступа к ст.: <http://www.naks.ru/>

25. Сталь 17Г1С (17Г1С-У) конструкционная низколегированная кремнемарганцовистая [Электронный ресурс] – режим доступа к ст.: <https://mmetallurg.ru/marochnik-stali/konstrukcionnaya/uglerodistaya-obyiknovennaya/17g1s/?yclid=2425408227435117102>

26. Кисаримов Р.А. Справочник сварщика. – М.: ИП РадиоСофт, 2007 – 288 с.
27. Васильев В.И., Ильященко Д.П. Разработка этапов технологии при дуговой сварки плавлением – Издательство ТПУ, 2008г. - 96 с.
28. Гривняк И. Свариваемость сталей: Пер. со словац. Л.С.Гончаренко; под ред. Э.Л. Макарова.-М.: Машиностроение,1984. - 216 с.
29. проволока сплошного сечения марка TS-6 (Thyssen K-Nova) Ø 0,9мм типа ER70S-G по AWS A5.18., K-600 Ø1,0мм типа ER70S-6 по AWS A5.18 доступ к ст.: <https://www.tck-spb.ru/vendors/bohler-thyssen-schweisstechnik>
30. Сварочные материалы и оборудование <http://сарсварка.рф/content/tekhnicheskie-kharakteristiki-svarochnykh-smesei-argona-i-uglekislogo-gaza>
31. сварочный автомат CRC-Evans IWM <http://www.oooaps.ru/catalog/svarochnyy-avtomat-crc-evans-iwm/>
32. сварочное оборудование <https://welding.uz/svarochnaya-golovka-p600-crc-evans-g83350>
33. Сварочный источник питания Idealarc DC-400 http://www.lincolnweld.ru/products/Katalog/Svarochnoe_oborudovanie/stochniki_svarochnogo_toka/Universalnye/dc_400
34. Сварочный источник питания Fronius TPS 3200 Pip <https://ventec.ru/about/hardware/svarochnyy-apparat-fronius-transpuls-synergic-cmt-3200/>
35. Крауткремер Й, Крауткремер Й. Ультразвуковой контроль материалов. М.: Металлургия, 1991. 752 с.
36. ISO 19232-1:2013 Non-destructivetesting – Imagequalityofradiographs – Determinationoftheimagequalityvalueusingwire-typeimagequalityindicators (Контроль неразрушающий. Качество изображения на рентгеновских снимках. Часть 1. Определение значения качества изображения с использованием показателей качества изображения проволочного типа)

37. Комплекс автоматизированного неразрушающего контроля УНИСКАН МТ [Электронный ресурс] – режим доступа к ст.: Комплекс автоматизированного неразрушающего контроля УНИСКАН МТ купить по низкой цене в ГЕО-НДТ. (geo-ndt.ru)

38. Организация и планирование производства. Основы менеджмента: метод. указ. к выполн. курс. работы. для студентов спец. 120500«Оборудование и технология сварочного производства».-Томск: Изд. ЮФТПУ, 2000-24 с.

39. Ахумов В.А. Справочник нормировщика. М.: Машиностроение, 1986. 240 с.

40. Оформление технологической документации: учебное пособие / А. В. Крюков, Д. П. Ильященко; Юргинский технологический институт. – Томск: Изд-во Томского Политехнического университета, 2020.-121с.

41. Центратор внутренний пневматический с медным предохранительным кольцом IPLC
<https://centrators.com/catalogue/centrators/centratory-vnutrennie/pnevmaticheskij-s-mednym-predoxranitelnyum-kolcom/>

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

43. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение часть ВКР часть ВКР: Методические указания по выполнению экономической части выпускной квалифицированной работы для студентов 151001 «Машиностроение», ЮТИ ТПУ, 2020. – с. 24

44. ГОСТ 27584-88 Краны мостовые и козловые электрические. Общие технические условия.

45. ГОСТ 12.0.0030-74 «ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация (с изменениями по И-Л-Х1-91)».

46. Промышленно-строительный портал компании Альфа Арс Метизы Idealarc DC400 [Электронный ресурс] – режим доступа к ст.: <http://www.alfa-industry.ru/catalog/universalnoe-svarochnoe-oborudovanie/idealarc-dc400/>

47. Станок для подготовки кромок PFM — купить с доставкой в компании «ТСК» [Электронный ресурс] – режим доступа к ст.: <https://www.tck-spb.ru/catalogi/vspomogatelnoe-oborudovanie/stanki-dlya-obrabotki-kromok/stanok-dlya-podgotovki-kromok-pfm>

48. Автомат для сварки плавящимся электродом в среде защитного газа P260: купить по выгодной цене в компании «ТСК» | Продажа сварочного оборудования в Москве и Санкт-Петербурге [Электронный ресурс] – режим доступа к ст.: <https://www.tck-spb.ru/catalogi/svarochnoe-oborudovanie/avtomaticheskaya-svarka/crc-evans-p260>

49. CRC-Evans P600 по выгодной цене от компании «ТСК» | Купить сварочный аппарат CRC-Evans P600 [Электронный ресурс] – режим доступа к ст.: <https://www.tck-spb.ru/catalogi/svarochnoe-oborudovanie/avtomaticheskaya-svarka/crc-evans-p600>

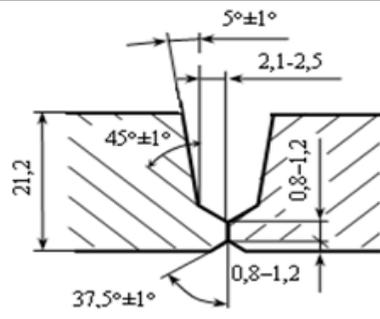
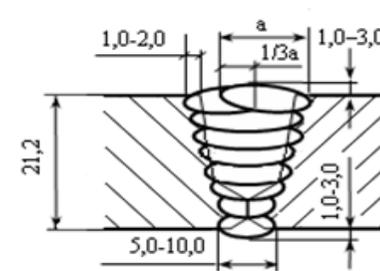
50. Автокран КС-55727-Н-12 [Электронный ресурс] – режим доступа к ст.: https://www.avito.ru/yuzhno-sahalinsk/oborudovanie_dlya_biznesa/prodam_trubosvarochnuyu_bazu_bts_142v_1_269743830

51. Куликов О.Н. Охрана труда при производстве сварочных работ.: Академия, 2006 – 176 с.

52. Брауде М.З. "Охрана труда при сварке в машиностроении"/ М.: Машиностроение, 1978. – 141 с

53. Гришагин В.М., Фарберов В.Я. Сборник задач по безопасности жизнедеятельности. Учебно-методическое пособие. – Юрга: Изд. филиала ТПУ, 2002. – 96 с.

Приложение А

Операционная технологическая карта сборки и сварки автоматической двухсторонней сварки проволокой сплошного сечения в защитных газах сварочным комплексом CRC Evans AW неповоротных кольцевых стыковых сварных соединений труб $\Phi 720 \times 21,2$ (мм) класса прочности K54						
Организация	Наименование газопровода		Диаметр, толщина стенки, мм	Способ сварки	Конструктивные элементы сварных соединений	Шифр карты
	Магистральный трубопровод		720x21,2	ААДП + АПГ	труба + труба	
Характеристика труб				Предварительный подогрев	Подготовка под сварку, сборка и параметры сварного шва	Сварочные материалы
Номер ТУ	Диаметр, мм	Толщина стенки, мм	Класс прочности	Временное сопротивление разрыву, МПа (Кгс/см ²)	Эквивалент углерода, %	
ТУ 1381-012-05757848-2005	720	21,2	K54	530 (54)	$\leq 0,43$	<p>Подогрев до температуры $+100^{+30}$ °С независимо от температуры окружающего воздуха</p>   <p>Минимальное количество наружных слоев - 7</p> <p>Присадочный материал</p> <ol style="list-style-type: none"> Сварка корневого слоя и «горячего прохода» – проволока сплошного сечения марки TS-6 (Thyssen K-Nova) $\Phi 0,9$ мм типа ER70S-G по AWS A5.18. Сварка заполняющих и облицовочного слоев шва – проволока сплошного сечения марки K-600 $\Phi 1,0$ мм типа ER70S-6 по AWS A5.18. <p>Защитные газы</p> <ol style="list-style-type: none"> Сварочная смесь – ISO 14175-M21-ArC-25 – сварка корневого слоя шва. Защитный газ 100% ISO 14175-C1 – сварка «горячего прохода». Сварочная смесь – ISO 14175-M20-ArC-15 – сварка заполняющих и облицовочного слоев шва.

Параметры режимов сварки						Дополнительные требования и рекомендации
Параметры	Наименование слоя шва					
	Корневой слой (внутренний) (IWM)	«Горячий проход» (П-260)	Заполняющие слой (П-600)	Последний заполняющий слой (П-600)	Облицовочный (П-600)	
Направление сварки	На спуск	На спуск	На спуск	На спуск	На спуск	<ol style="list-style-type: none"> 1. Запрещается освобождать <u>жимки</u> центратора до полного завершения сварки корневого слоя шва и «горячего прохода». 2. При выполнении работ должна быть обеспечена сохранность заводской изоляции труб. 3. Интервал времени между завершением корневого слоя шва и началом сварки горячего прохода не должен превышать 10 мин. 4. В случае перерыва между сваркой корневого и горячего прохода более 10 мин. произвести подогрев до требуемой температуры предварительного подогрева. 5. Межслойная температура должна составлять не менее +100 °С и не более +250 °С. В случае снижения межслойной температуры ниже +100°С, необходимо подогреть стык до температуры +100 °С. 6. Производить послойную зачистку от шлака и брызг металла металлическими щетками или <u>шлифкругами</u>. Для шлифовки замков шва рекомендуется применять <u>малогабаритные шлифмашинки</u>. 7. Допускается оставлять сварное соединение незавершенным на срок не более 24ч с момента начала перерыва в работе. При этом сварное соединение должно быть выполнено не менее чем на 2/3 толщины стенки соединяемых труб и накрыто водонепроницаемым теплоизолирующим поясом. Перед возобновлением сварки стык должен быть нагрет до +100°С. 8. Настройка основных параметров режима для каждого слоя шва производится заблаговременно до начала работ специалистами CRC-Evans AW. 9. Допускается замена марок сварочных материалов на аналогичные, входящие в реестр сварочных материалов, рекомендованных ОАО «Газпром» к применению на указанном объекте в соответствии с разделом 5 СТО Газпром 2-2.2-115-2007 «Инструкция по сварке магистральных газопроводов с рабочим давлением до 9,8 МПа включительно».
Диаметр проволоки, мм	0,9	0,9	1,0	1,0	1,0	
Скорость подачи проволоки, см/мин	965±25%	1270±25%	1095±25%	995±25%*	765±25%* 995±25%**	
Род тока, полярность	Постоянный, обратная	Постоянный, обратная	Постоянный, обратная	Постоянный, обратная	Постоянный, обратная	
Сила тока, А	170-210	220-270	190-230	180-220	150-220	
Напряжение на дуге, В	19,0-22,0	23,0-26,0	21,0-25,0	22,0-25,0	18,0-23,0	
Скорость сварки, см/мин	76 ±5%	127 ±10%	44±25% * 52±25%**	38±25% * 46±25%**	34±25% * 43±25%**	
Вылет электродной проволоки, мм	9,0	9,5	13,0	13,0	9,5	
Защитный газ***	ISO 14175-M21- <u>ArC</u> -25	ISO 14175- C1	ISO 14175- M20- <u>ArC</u> -15			
Расход газа, л/мин	33-52	33-52	33-52	33-52	33-52	
Угол наклона электрода, град (углом вперед)	0-7	0-7	0-7	0-7	0-7	
Частота колебаний электрода, мин ⁻¹	-	-	140÷190	140÷190	110-120* 130-160**	
Амплитуда колебаний электрода, мм	-	-	по ширине разделки			

* в пространственном положении 10.00-2.00 ч и 4.30-7.30 ч;
** в пространственном положении 2.00-4.30 ч и 7.30-10.00 ч.
*** допускается использование смеси газов ISO 14175-M21-ArC-20 взамен смеси газов ISO 14175-M21-ArC-25.

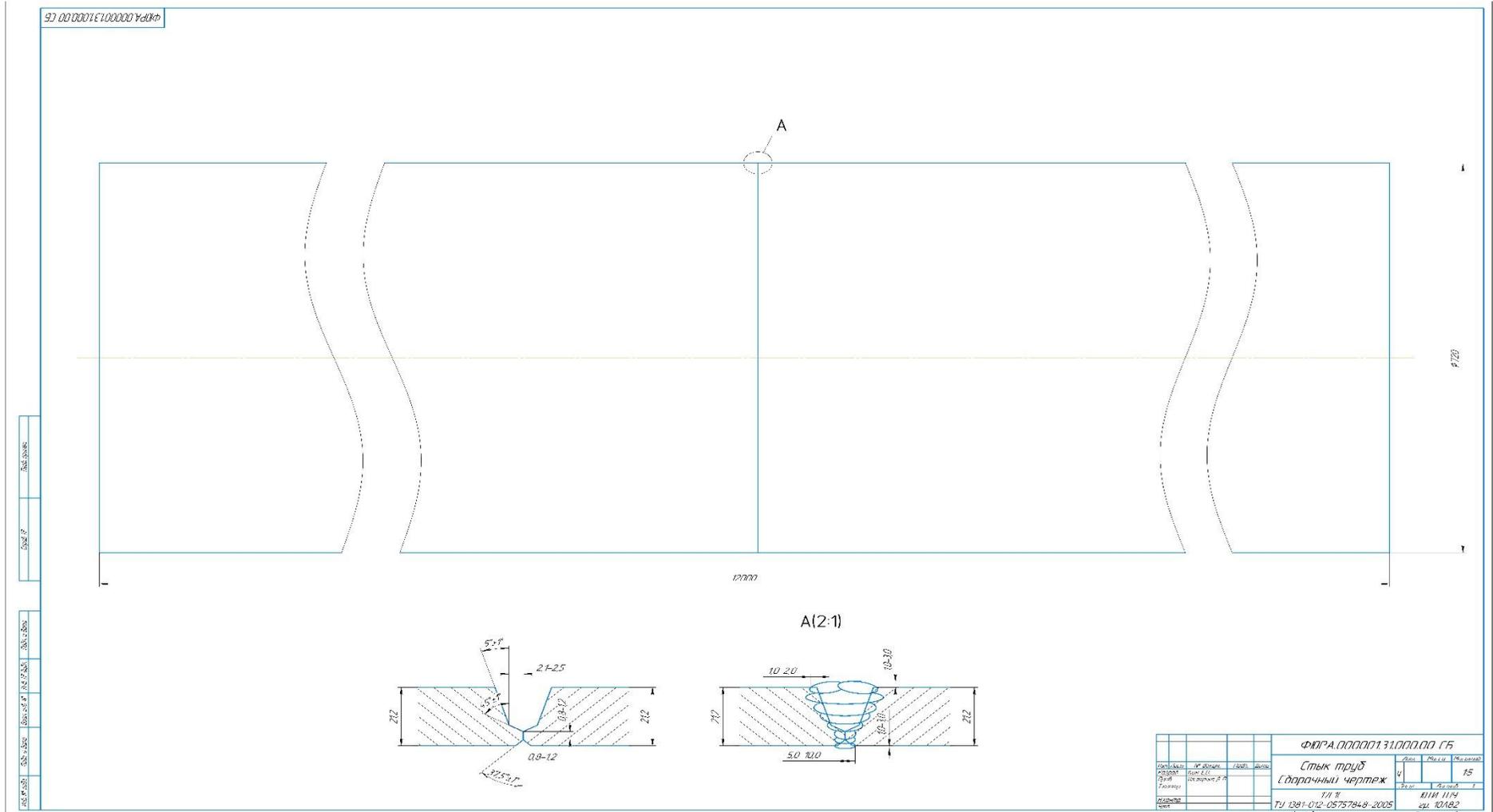
ПЕРЕЧЕНЬ И ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ОПЕРАЦИЙ СБОРКИ И СВАРКИ			
№ п/п	Операция	Содержание операций	Оборудование и инструмент
1	Очистка труб	<ul style="list-style-type: none"> Внутреннюю и наружную неизолированную поверхности труб очистить от земли, снега, наледи и других загрязнений. При очистке внутренней полости труб не должна быть нарушена целостность внутреннего гладкостного покрытия. 	Скребок, щетка
2	Подготовка кромок труб	<ul style="list-style-type: none"> Осмотреть неизолированный участок поверхности труб, примыкающий к торцу и кромки труб. Царапины, риски, задиры на наружной поверхности неизолированных торцов труб глубиной до 5,0% от номинальной толщины стенки (1,0мм), но не более минусового допуска на толщину стенки устранить шлифованием с плавным переходом к основному металлу. Не разрешается производить ремонт любых повреждений поверхности трубы, включая вмятины на концах труб, забоины и задиры фасок кромок. Поврежденный участок трубы должен быть обрезан, а резанные торцы должны быть обработаны специализированным станком до восстановления требуемой разделки кромок (см. рис. данной технологической карты). При этом металл резанных кромок должен быть удален станком PFM на глубину не менее 1,0 мм. После обрезки (вырезки) участка с недопустимыми дефектами с целью выявления возможных расслоений следует выполнить ультразвуковой контроль сплошным сканированием всего периметра участка трубы, прилегающего к торцу на ширине не менее 40 мм. Если в процессе УЗК выявлено наличие расслоений, следует обрезать трубу на расстоянии не менее 300 мм от торца и произвести повторный контроль всего периметра трубы. Наружное усиление заводского шва сошлифовать с поверхности трубы до высоты 0,5-1,0 мм на расстоянии 10-15 мм от торца трубы. Зачистить до чистого металла кромки и прилегающие к кромкам внутреннюю и наружную поверхности трубы на ширину не менее 10-15 мм. Установить с помощью специального шаблона на поверхности трубы направляющий пояс для наружных сварочных автоматов. 	Ультразвуковой толщиномер, шаблон сварщика УШС, линейка, штангенциркуль, диффмашина, Станок PFM CRC Evans AW, разжимное приспособление, кольцевая газовая горелка, однопламенная газовая горелка, контактный термометр, шаблон CRC Evans AW, направляющий пояс CRC Evans AW
3	Подогрев	<ul style="list-style-type: none"> Осуществить предварительный подогрев кромок стыкуемых труб до температуры не менее $+100^{+30} \text{ }^{\circ}\text{C}$ при любой температуре окружающего воздуха с применением установки индукционного нагрева РИН (Курай). В случаях прекращения энергообеспечения или при выходе из строя установки нагрева РИН, допускается выполнять нагрев газопламенными нагревательными устройствами (кольцевыми газовыми подогревателями) до возобновления энергообеспечения или замены вышедшего из строя оборудования, но не более, чем до конца рабочей смены или полного завершения сварного шва. Подогрев не должен нарушать целостность изоляции. При применении газопламенных нагревательных устройств (горелок) следует применять термозолирующие пояса или боковые ограничители пламени. Подогрев должен быть равномерным по толщине стенки и периметру стыка в зоне шириной не менее 150мм (не менее 75 мм в каждую сторону от свариваемых кромок). Контроль температуры выполнять непосредственно перед выполнением корневого слоя шва в каждой четверти по периметру стыка на расстоянии от 10-15 мм и от 60-75мм в обе стороны от торца труб. В случае остывания температуры кромок в процессе сборки и сварки первого (корневого слоя шва) ниже температуры $+100^{+30} \text{ }^{\circ}\text{C}$ необходимо выполнить подогрев до регламентированной температуры предварительного подогрева. При снижении температуры предварительного подогрева свариваемых кромок перед сваркой корневого слоя шва не более, чем на 10°C ниже температуры $+100^{\circ}\text{C}$, допускается выполнять подогрев газопламенными устройствами (ручными, кольцевыми горелками). В процессе сварки температура предыдущего слоя сварного шва перед наложением последующего слоя должна быть в интервале от $+100^{\circ}\text{C}$ до $+250^{\circ}\text{C}$. Если температура опустилась ниже $+100^{\circ}\text{C}$, следует произвести сопутствующий (межслойный) подогрев до температуры $+100^{+30} \text{ }^{\circ}\text{C}$. Допускается для достижения необходимой межслойной температуры применять кольцевые и однопламенные газопламенные горелки. Снять подогреватель. 	Специальный набор измерительного инструмента CRC Evans AW, шаблон сварщика, индукционный подогреватель РИН (Курай), кольцевой газовый подогреватель, контактный термометр

№ п/ п	Операция	Содержание операций	Оборудование и инструмент
4	Сборка труб	<ul style="list-style-type: none"> Сборку стыка производить на специальном внутреннем центраторе фирмы CRC-EVANS AW; Заводские швы труб следует сместить относительно друг друга на расстояние не менее, чем на 100мм, при этом они должны располагаться в верхней половине периметра стыка. Установить центратор таким образом, чтобы внутренние сварочные головки (автоматы) располагались в плоскости стыка. Осмотреть внутренние сварочные головки, откорректировать их положение и настроить параметры режима сварки согласно таблице «Параметры режимов сварки». Собрать стык без зазора. Допускается локальный зазор в собранном стыке не более 0,5 мм на участках соединения длиной до 100 мм. Величина наружного смещения кромок в собранном стыке не должна превышать 2,0 мм. Допускаются локальные смещения кромок до 3,0мм при общей протяженности участков с указанными смещениями не более 1/6 периметра свариваемого соединения. 	<p>Внутренний центратор компании CRC Evans AW, Шаблон сварщика, линейка</p>
5	Сварка	<ul style="list-style-type: none"> Установить на направляющий пояс правую и левую сварочные головки для сварки горячего прохода. Произвести настройку режимов сварки. Выполнить автоматическую сварку корневого шва много головочным автоматом (IWM) - последовательно на правом и левом полупериметрах трубы. Одновременно произвести автоматическую сварку «горячего прохода» на правом и левом полупериметрах трубы на участках периметра сварного соединения, где был выполнен внутренний (корневой) слой. Сварку горячего прохода следует начинать после того, как внутренними головками будут сварены участки внутреннего корневого шва протяженностью не менее 250 мм, при этом одна сварочная головка выполняет сварку в положении от 0⁰⁰ч до 6⁰⁰ч, другая в положении от 12⁰⁰ч до 6⁰⁰ч. После окончания сварки «горячего прохода» сдвинуть центратор внутрь трубопровода и осмотреть корневой шов. Внутренний слой шва (корневой) сваренный внутренним много головочным автоматом должен быть выполнен с плавным переходом к основному металлу без образования подрезов по кромкам и иметь усиление от 1,0 до 3,0 мм. В случае возникновения отказа одной или нескольких сварочных головок много головочного автомата в процессе выполнения внутреннего (корневого) слоя шва следует: <ul style="list-style-type: none"> - повторно включить отказавшие сварочные головки для сварки пропущенных участков; - в случае повторного отказа выполнить сварку первого наружного слоя (горячего прохода) наружными сварочными головками на участках периметра сварного шва, где был выполнен внутренний (корневой) слой; - сдвинуть внутренний центратор внутрь газопровода и выполнить сварку на участках периметра сварного соединения, на которых произошел отказ сварочных головок многоголовочного автомата в соответствии с операционной технологической картой ТК– СХВ-CRC-02; - выполнить сварку первого наружного слоя (горячего прохода) наружными сварочными головками на участках периметра сварного соединения, в которых внутренний (корневой) слой шва был выполнен согласно операционной технологической карте ТК – СХВ-CRC-02. Отпуск трубы на инвентарные опоры производить только после завершения «горячего прохода». Переместить центратор на очередную позицию сборки. Снять с направляющего пояса сварочные головки для сварки «горячего прохода». Установить на направляющий пояс правую и левую сварочные головки для сварки заполняющих слоев шва. Произвести настройку режимов сварки заполняющих слоев. Выполнить автоматическую двухдуговую сварку заполняющих слоев шва на правом и левом полупериметрах стыкового соединения труб, при этом одна из сварочных головок выполняет сварку в положении от 0⁰⁰ч до 6⁰⁰ч, а другая сварочная головка сначала выполняет сварку в положении от 9⁰⁰ч до 6⁰⁰ч, затем в положении от 12⁰⁰ч до 9⁰⁰ч. Сварка следующего слоя выполняется по противоположной схеме. Снять с направляющего пояса сварочные головки для сварки заполняющих слоев шва. Установить на направляющий пояс сварочные головки для сварки облицовочного слоя шва. Произвести настройку режимов сварки облицовочного слоя. Выполнить автоматическую двухдуговую сварку облицовочного слоя в два валика. При этом: валики должны перекрывать друг друга не менее чем на 1/3 часть их ширины; усиление каждого валика облицовочного слоя шва не должно превышать 3,0мм; усиление облицовочного слоя шва по периметру каждой межваликовой канавки должно быть не менее 1,0мм; участки облицовочного слоя с чешуйчатостью, при которой превышение гребня над впадиной составляет более 1,0мм, с превышением усиления шва более 3,0мм, а также при отсутствии плавного перехода от усиления к основному металлу должны быть обработаны механическим способом шлифмашиной. Места начала сварки и «замки» соседних валиков должны быть смещены один относительно другого не менее чем на 30мм. «Замки» смежных слоев шва должны быть смещены на расстояние не менее 100мм. Амплитуда колебаний сварочной горелки при сварке облицовочного слоя шва должна обеспечивать перекрытие основного металла на величину 1,0-2,0мм. Усиление облицовочного слоя шва – 1,0-3,0 мм. 	<p>Внутренний центратор CRC Evans AW (многоголовочный автомат (IWM), сварочные посты и головки (автоматы) CRC Evans AW (П260, П600) , источники питания DC-400; Fronius TPS 3200 Pip., специальный набор измерительного инструмента CRC Evans AW, металлическая щетка, линейка, шаблон сварщика, шлифмашина.</p>

№ п/ п	Операция	Содержание операций	Оборудование и инструмент
5	Сварка (продолжение)	<ul style="list-style-type: none"> • Места обрыва или прерывания дуги, «замки» при сварке горячего прохода, заполняющих и облицовочного слоев должны быть обработаны механическим способом шлифмашиной. • Снять сварочные головки и направляющий пояс со сварного соединения. Зачистить сварное соединение от брызг металла. Выявленные наружные дефекты удалить шлифмашиной. Участки с превышением усиления шва более 3,0мм обработать шлифмашиной или напильником. Выполнить зачистку механическим способом шлифмашинами с набором дисковых проволочных щеток поверхностей труб, прилегающих к облицовочному слою шва от шлака и брызг наплавленного металла на расстоянии не менее 10мм. • Накрыть готовое сварное соединение влагонепроницаемым теплоизолирующим поясом до полного остывания. 	
Не оговоренные в данной технологической карте операции должны выполняться в соответствии с требованиями СТО Газпром 2-2.2-115-2007, СТО Газпром 2-2.4-083-2006.			
Карта разработана: студент гр. 10А82 _____ Ким Евгений «__» _____ 2022 г.		«Утверждаю» к.т.н. доцент _____ Ильяшенко Д. П. «__» _____ 2022г.	
ПРИМЕЧАНИЕ. С целью предотвращения нарушений целостности внутреннего гладкостного покрытия труб следует предусмотреть выполнение технологических операций: - регулярная зачистка поверхности жидков внутреннего центратора, соприкасающегося с внутренней поверхностью труб шлифмашиной с лепестковым абразивным кругом; - регулярное нанесение смазки на силиконовой основе типа «Дуга 2М» (или аналог) на поверхности жидков внутреннего центратора, соприкасающихся с внутренней поверхностью труб.			

Приложение Б

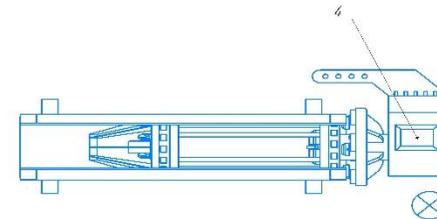
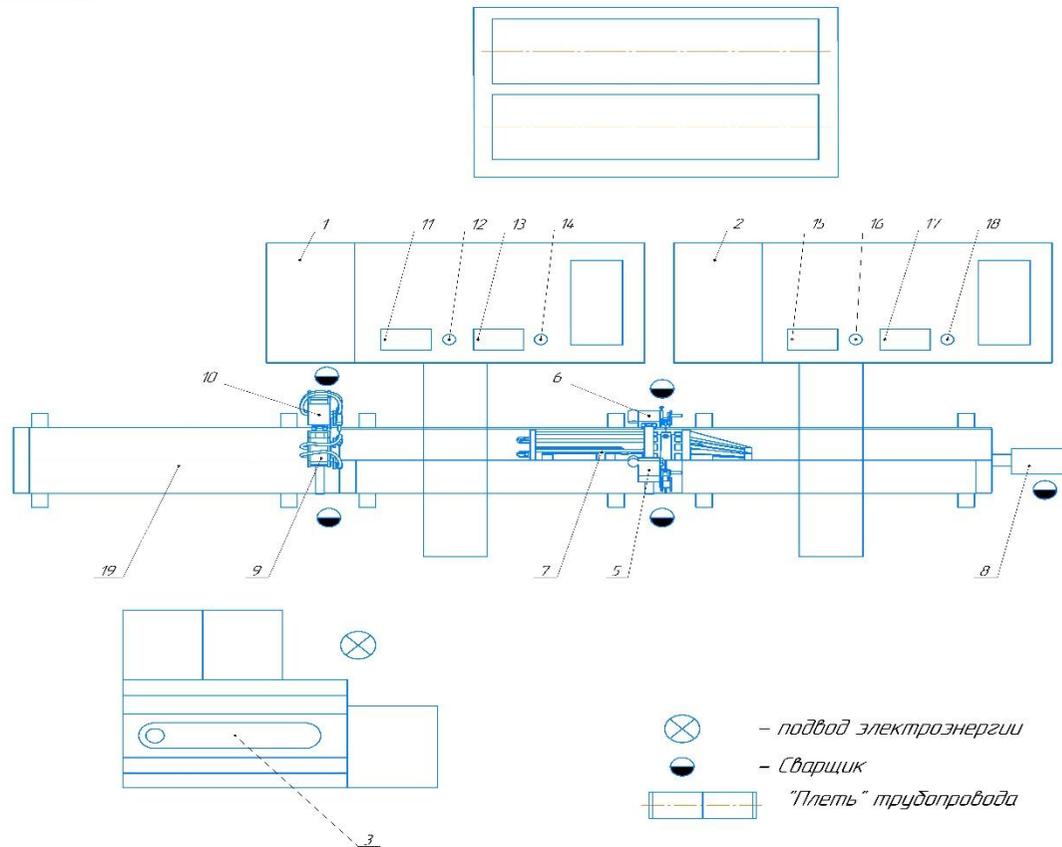
Сварной стык



Приложение В

План участка

ФЮРА.000002.31000.00



- 1,2 - Трубоукладчик
- 3 - Электростанция
- 4 - Станок для обработки краёв труб PFM
- 5,6 - Сварочные автоматы P260
- 7 - Internal Welding Machine (IWM CRC-Evans)
- 8 - Пульт управления для IWM
- 9,10 - Сварочные двухдуговые автоматы P600
- 11,13 - Источники питания DC - 400
- 15,17 - Источники питания Fronius TPS 3200
- 12,14 - Защитный газ ISO 14.175-120-ArC-15
- 16,18 - Защитный газ ISO 14.175-121-ArC-25
- 19 - Линия сборки и сварки труб

⊗ - подвод электроэнергии
 ◐ - Сварщик
 [---] "Плеть" трубопровода

ФЮРА.000002.31000.00				Лист	№ листа	Изменений
Исполнитель	Проверенный	Утвержденный	Дата	10	75	
Город	Область	Страна	Дата	11/11/11	1	
Масштаб	2:1		Страна	2011		
Материал	Сталь		Страна	2011		