

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

Институт Юргинский технологический институт

Направление подготовки (специальность) 15.03.01 «Машиностроение», профиль
«Оборудование и технология сварочного производства»

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

Тема работы
РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ СБОРКИ И СВАРКИ МАГИСТРАЛЬНОГО НЕФТЕПРОВОДА ИЗ ТРУБ ДИАМЕТРОМ 1020 ММ

УДК 621.757:621.791:622.692.4.05

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-10А60	Абрамов В.В.		

Руководитель

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

Нормоконтроль

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

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ЮТИ	Полицинская Е.В.	к.п.н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
И.о. руководителя ОТБ	Солодский С.А.	к.т.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ООП

Код компетенции	Наименование компетенции
Универсальные компетенции	
УК(У)-1	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач
УК(У)-2	Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений
УК(У)-3	Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде
УК(У)-4	Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном(-ых) языке(-ах)
УК(У)-5	Способен воспринимать межкультурное разнообразие общества в социально-историческом, этическом и философском контекстах
УК(У)-6	Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни
УК(У)-7	Способен поддерживать должный уровень физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности
УК(У)-8	Способен создавать и поддерживать безопасные условия жизнедеятельности, в том числе при возникновении чрезвычайных ситуаций
Общепрофессиональные компетенции	
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.
Профессиональные компетенции	
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
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. 3-10А60

Абрамов В.В.

Руководитель ВКР

Ильященко Д.П.

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

Институт Юргинский технологический институт

Направление подготовки (специальность) 15.03.01 «Машиностроение», профиль
«Оборудование и технология сварочного производства»

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ЮТИ
 _____ Д. П. Ильяшенко
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ
 на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

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

Студенту:

Группа	ФИО
3-10А60	Абрамову Вадиму Валерьевичу

Тема работы:

Разработка технологии сборки и сварки магистрального нефтепровода из труб диаметром 1020 мм	
Утверждена приказом проректора-директора (директора) (дата, номер)	01.02.2021г. №32-106/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	11.06.2021г.
--	--------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Материалы преддипломной практики</p>
<p>Перечень подлежащих исследованию 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></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Обзор и анализ литературы. 2. Объект и методы исследования. 3. Разработка технологического процесса. 4. Конструкторский раздел. 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.	
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Полицинская Е.В.	
Социальная ответственность	Солодский С.А.	
Названия разделов, которые должны быть написаны на иностранном языке:		

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	03.02.2021г.
---	--------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ЮТИ	Ильященко Д.П.	К.Т.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-10А60	Абрамов В.В.		

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

Институт Юргинский технологический институт

Направление подготовки (специальность) 15.03.01 «Машиностроение», профиль «Оборудование и технология сварочного производства»

Период выполнения (осенний / весенний семестр 2020 – 2021 учебного года)

Форма представления работы:

Дипломный проект

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

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ – ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы**

Срок сдачи студентом выполненной работы:	11.06.2021 г.
--	---------------

Дата контроля	Название раздела (модуля)/ Вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
17.01.2021	Обзор и анализ литературы	15
17.02.2021	Объекты и методы исследования	15
17.03.2021	Разработка технологического процесса	20
10.04.2021	Конструкторский раздел	15
10.05.2021	Проектирование участка сборки-сварки	15
21.05.2021	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	10
25.05.2021	Социальная ответственность	10

Составил преподаватель:

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

СОГЛАСОВАНО:

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

Юрга – 2021 г.

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

Студенту:

Группа	ФИО
3-10А60	Абрамову Вадиму Валерьевичу

Институт	ЮТИ ТПУ	Отделение	151001
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	«Машиностроение», профиль «Технология и оборудование сварочного производства»

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

1. Стоимость ресурсов инженерного решения (ИР): материально-технических энергетических человеческих	1065500008 руб 4043,91 руб 559,82 руб
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов: Металл Проволока флюс	20274 кг 286675 кг 2064,06 кг
3. Используемая система налогообложения ставка налогов ставка отчислений	общая 13% 30%

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Краткое описание исходных технико-экономических характеристик объекта ИР
2. Обоснование необходимых инвестиций для разработки и внедрения ИР; расчет вложений в основные и оборотные фонды
3. Определение капитальных вложений
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	3.02.2021 г.
---	--------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ЮТИ	Полицинская Е.В.	к.п.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-10А60	Абрамов В.В.		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-10А60	Абрамову Вадиму Валерьевичу

Институт	Юргинский технологический институт	Отделение	
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	15.03.01 Машиностроение

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

<p>1. Описание технологического процесса, проектирование оснастки и участка сборки-сварки поворотного сварного стыка на предмет возникновения:</p> <ul style="list-style-type: none"> – вредных проявлений факторов производственной среды (метеоусловия, 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>	<ul style="list-style-type: none"> - вредных проявлений факторов производственной среды (метеоусловия, 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).
--	--

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>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>Действие выявленных вредных факторов на организм человека. Допустимые нормы (согласно нормативно-технической документации). Разработка коллективных и рекомендации по использованию индивидуальных средств защиты.</p> <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	03.02.2021г.
---	--------------

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-10А60	Абрамов В.В.		

Реферат

Выпускная квалификационная работа 141 с., 11 рисунков, 23 таблицы, 39 источника, 3 приложений, 16 л. графического материала.

Ключевые слова: СВАРКА ПЛАВЛЕНИЕМ, ТЕХНОЛОГИЯ, РЕЖИМЫ СВАРКИ, СИЛА СВАРОЧНОГО ТОКА, СВАРОЧНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ, ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ, ПЛАН УЧАСТКА, ПРИСПОСОБЛЕНИЕ, ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ, СЕБЕСТОИМОСТЬ.

Объектом разработки является процесс изготовления трехтрубной плети из труб $\text{Ø}1020 \times 22$ мм.

Цель работы. Целью работы является разработка технологии сборки и сварки магистрального нефтепровода.

В процессе выполнения работ проводились изучение составных деталей изделия, описание марки стали, выбор метода сварки, выбор сварочных материалов, нормирование операций, составление технологических карт.

В результате выполнения работ рассчитаны режимы сварки, подобрано сварочное оборудование, пронормированы сборочно-сварочные операции. Посчитан коэффициент приведенных затрат.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики плети из трех труб диаметром 1020 мм и толщиной стенки 22 мм, материал труб сталь 17ГС (класс прочности K54), поставляется в соответствии с ТУ 14-1-1921-76.

Область применения: Транспортировка нефти.

Значимость работы: в процессе выполнения выпускной квалификационной работы для сварки труб применена трубосварочная база БТС-142В, данное нововведение позволило сократить время изготовления стыка труб и увеличить производительность труда.

Abstract

Final qualifying work 141 pp., 11 figures, 23 tables, 39 sources, 3 annexes, 16 pages graphic material.

Key words: FUSION WELDING, TECHNOLOGY, WELDING MODES, WELDING CURRENT STRENGTH, WELDING EQUIPMENT, PRODUCTIVITY, SITE PLAN, FIXTURE, INDUSTRIAL SAFETY, COST.

The object of development is the process of manufacturing a three-pipe string from pipes $\text{Ø}1020 \times 22$ mm.

Purpose of work. The aim of the work is the development of assembly and welding technology for the main oil pipeline

In the process of performing the work, the study of the component parts of the product, the description of the steel grade, the choice of the welding method, the choice of welding materials, the standardization of operations, and the preparation of technological maps were carried out.

As a result of the work, the welding modes were calculated, the welding equipment was selected, the assembly and welding operations were normalized. The coefficient of the received costs has been calculated.

The main design, technological and technical and operational characteristics of a string of three pipes with a diameter of 1020 mm and a wall thickness of 22 mm, the material of the pipes is steel 17G1S (strength class K54), supplied in accordance with TU 14-1-1921-76.

Scope: Oil transportation.

Significance of the work: in the process of completing the final qualifying work for welding pipes, the BTS-142V pipe-welding base was used, this innovation made it possible to reduce the time for manufacturing the pipe joint and increase labor productivity.

Содержание

Введение	17
1 Обзор и анализ литературы	19
1.1 Причины разрушения, повышение хладостойкости и эксплуатационной прочности сварных соединений газопроводов в условиях северо-востока России	19
1.2 Интегрированная система неразрушающего контроля качества сварных соединений труб магистральных газопроводов «УНИСКАН МТ»	21
1.3 Актуальные вопросы сварки поворотных стыков трубопроводов в монтажных условиях	26
1.4 Внедрение технологии автоматической сварки под слоем флюса кольцевых и продольных швов сборочных единиц из сталей с толщиной свариваемых кромок от 20 до 70 мм	30
1.5 Двухсторонняя автоматическая сварка под флюсом	32
1.8 Заключение	35
2 Объект и методы исследования	36
2.1 Описание сварной конструкции	36
2.2 Требования НД предъявляемые к конструкции	36
2.2.1 Подготовка труб	36
2.2.2 Требования к сборке	39
2.2.3 Требования к предварительному подогреву	41
2.2.4 Требования к сварке	43
2.2.4.1 Технология автоматической сварки под флюсом (АФ)	46
2.2.5 Требования к оформлению документации	50
2.2.6 Требования к контролю	50
2.3 Методы проектирования	54
2.4 Постановка задачи	57
	12

3	Разработка технологических карт	58
3.1	Анализ исходных данных	58
3.1.1	Основные материалы	58
3.1.2	Обоснование и выбор способа сварки	61
3.1.3	Выбор сварочных материалов	62
3.2	Выбор технологических режимов	64
3.3	Выбор основного оборудования	68
3.4	Выбор оснастки	69
3.5	Выбор методов контроля, регламент, оборудование	70
3.5.1	Визуальный и измерительный контроль	70
3.5.2	Радиографический контроль	74
3.5.3	Ультразвуковой контроль	77
3.6	Разработка технической документации	84
3.7	Техническое нормирование операций	85
3.8	Материальное нормирование	87
3.8.1	Расход сварочной проволоки	87
3.8.2	Расход сварочного флюса	87
3.8.3	Расход электроэнергии	87
4	Конструкторский раздел	89
4.1	Выбор сборочно-сварочной оснастки	89
5	Проектирование участка сборки-сварки	91
5.1	Пространственное расположение производственного процесса	91
5.2	Расчет основных элементов производства	93
5.2.1	Определение количества необходимого числа оборудования	93
5.2.2	Определение состава и численности рабочих	94
6	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	95
6.1	Финансирование проекта и маркетинг	95
6.2	Экономический анализ техпроцесса	95
6.2.1	Расчет капитальных вложений в производственные фонды	96
6.2.1.1	Определение капитальных вложений в оборудование и	

приспособления	97
6.2.1.2 Капитальные вложения в подъемно-транспортное оборудование	98
6.2.2 Расчет себестоимости единицы продукции	98
6.2.2.1 Определение затрат на трубы	99
6.2.2.2 Определение затрат на сварочные материалы	99
6.2.2.3 Определение затрат на заработную плату	100
6.2.2.4 Определение затрат на силовую электроэнергию	101
6.2.2.5 Определение затрат на содержание и эксплуатацию оборудования	101
6.3 Расчет технико-экономической эффективности	103
6.4 Основные технико-экономические показатели участка	104
7 Социальная ответственность	105
7.1 Описание рабочего места	105
7.2. Законодательные и нормативные документы	105
7.3 Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды	107
7.3.1 Обеспечение требуемого освещения на участке	109
7.4 Анализ выявленных опасных факторов проектируемой произведённой среды	110
7.4.1 Разработка методов защиты от вредных и опасных факторов	116
7.5 Охрана окружающей среды	116
7.6 Защита в чрезвычайных ситуациях	117
7.7 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	119
Заключение	121
Библиография	122
Приложение А (Сварной стык)	127
Приложение Б (Операционная технологическая карта сборки и сварки поворотных стыков труб, выполняемых двухсторонней автоматической сварки под флюсом	128
Приложение В (План участка)	132

Диск CD-R	в конверте на обложке
Графический материал	на отдельных листах
Поворотный стык	демонстрационный лист
Режимы сварки поворотных кольцевых стыковых сварных соединений	демонстрационный лист
Схема двухсторонней автоматической сварки под слоем флюса	демонстрационный лист
Операционная технологическая карта сборки и сварки поворотных стыков труб, выполняемых двухсторонней автоматической сварки под флюсом	демонстрационный лист
Методы контроля и оборудование	демонстрационный лист
План участка	демонстрационный лист
Негативные факторы сварочного производства	демонстрационный лист
Основные технико-экономические показатели участка	демонстрационный лист
Выводы	демонстрационный лист

Обозначения и сокращения

МГ – магистральный газопровод.

НК – неразрушающий контроль.

ВИК – визуальный и измерительный контроль.

РК – радиографический контроль.

УЗК – ультразвуковой контроль.

ОСН – остаточные сварочные напряжения.

Опасный производственный объект – это производственный объект с особыми условиями эксплуатации оборудования и техники безопасности признанный по приказу федеральной службы по экологическому, технологическому надзору «Об утверждении требований к регистрации объектов в государственном реестре и ведению государственного реестра опасных производственных объектов, формы свидетельства о регистрации опасных производственных объектов в государственном реестре опасных производственных объектов» №471 от «30» ноября 2020 г.

Введение

Для России, в данный момент нефть и газ – это один из основных видов товаров на мировом рынке. К тому же нефть и газ используются как важнейшее сырье в многочисленных отраслях экономики России, и как частность в топливно-энергетическом комплексе. В связи с этим для нефтегазовой отрасли и всей страны в целом важнейшими являются вопросы эффективной добычи и этих ресурсов к потребителю.

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. Поэтому является важным изучение проблемы качества строительства магистральных трубопроводов так как от этого зависит надежность их функционирования, что очень важно для нашего государства.

Проблема качества сооружения магистральных трубопроводов автоматически распадается на более мелкие, поскольку качество сооружения всего трубопровода в целом зависит от качества отдельных видов работ, выполняемых при строительстве: подготовительных, земляных, сварочно-монтажных, изоляционно-укладочных, испытаний. Важнейшим процессом, весьма сильно влияющим на эксплуатационные характеристики будущего сооружения, являются сварочно-монтажные работы. Сварка на сегодняшний день является единственным способом соединения отдельных труб в секции (укрупнительная сварка поворотных стыков) и в непрерывную нитку (сварка поворотных стыков). Самым распространенным в трубопроводном строительстве России по сравнению с другими методами сварки поворотных стыков является сварка в среде защитных газов.

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

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

1 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 [1].

1.1 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 [1].

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 [2-6].

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 многообразие форм и размеров свариваемых изделий [1].

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 [1].

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 [1].

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 [1].

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 [1].

1.2 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 [7-10].

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 [7].

Существующая практика НК кольцевых сварных соединений трубопроводов большого диаметра предполагает проведение визуально-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) [7].

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 [7].

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 [7].

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 [7].

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 [7].

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 [7].

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 [7].

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 [7].



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 визуально-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 [7].

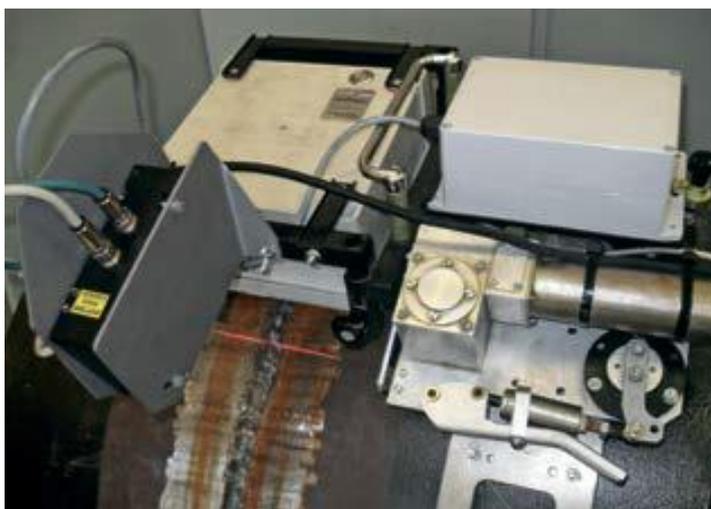


Рисунок 1.3 – Дополнительный модуль АВИК «ВИЗИО МТ», установленный на блок детектора комплекса «УНИСКАН МТ». Время сканирования сварного соединения DN1400 – 2 мин. Параметры формы и размеров сварного соединения измеряются в соответствии с СТО Газпром 2-2.4-083–2006

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 [7].



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

1.3 Актуальные вопросы сварки поворотных стыков трубопроводов в монтажных условиях

Согласно целевой комплексной научно-технической программе развития сварочного производства ОАО «Газпром» на период 2020-2021 гг. и в средней перспективе на 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 [11].

В предлагаемых инновационных импульсных технологиях первоочередной задачей при сварке трубопроводов в монтажных условиях является разработка технологии сварки корня шва на весу. От качества выполнения корневого прохода в значительной степени зависят все эксплуатационные характеристики будущего трубопровода. Требовалась высокопроизводительная технология сварки, обеспечивающая, во-первых, стабильный управляемый процесс переноса электродного металла с малым разбрызгиванием, и, во-вторых, процесс бездефектного формирования шва в различных пространственных положениях при орбитальном обходе сварочной горелкой поворотного стыка трубы. Решение первой задачи обеспечено разработкой рядом отечественных и зарубежных фирм быстродействующих инверторных источников питания с цифровым управлением в цикле сварки формами кривых тока и напряжения дуги по адаптивным алгоритмам. Решение второй задачи – качественного формирования шва при корневом проходе – связано с разработкой и внедрением новых адаптивных к изменению параметров режима и аномалиям геометрии сборки стыка, изменениям его пространственного положения импульсных технологий, обеспечивающих устойчивый стабильный процесс сварки короткой дугой с увеличенным вылетом на электроде в стандартную и узкую разделку кромок [11].

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 деформации 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 удается. Применение при сварке кольцевых стыков труб импульсных технологий и адаптивного сварочного оборудования на базе современных инверторных источнике» с режимами Synergic – основной путь технического решения по переходу от механизированной сварки к высокопроизводительным автоматическим способам сварки при монтаже* строительстве трубопроводов [11].

В последние годы при механизированной импульсной сварке трубопроводов с участием в процессе сварщика 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) [12].

Фирма Lincoln Electric одна из первых разработала технологию сварки с так называемым эффектом передачи капли за счет сил поверхностного натяжения (STT), реализованной в источниках Invertec SIT II и PowerWave с модулем STT. Оборудование обеспечивает контроль процесса короткого замыкания, используя высокочастотные преобразователи. Разработчики утверждают, что STT исключает появление дефектов в виде искаженной формы шва (выпуклости и вогнутости шва, подрезов у кромки), непроваров, прожогов, несплавления с кромкой. При использовании процесса STT минимизируется тепловложение в шов, уменьшается количество брызг по сравнению с традиционными способами И16/МА6-сварки с коротким замыканием. Например, в STT ток изменяется от 50 А (фаза перехода капли в сварочную ванну) до 370 А (фаза формирования новой капли), среднее же интегральное значение тока составляет около 100 А. Снижение текущего значения тока во время короткого замыкания до 50 А выполняется системой управления для уменьшения силовых электромагнитных воздействий на переключку между

капель и электродом при ее разрушении. После разрыва перемычки ток сварки вновь достигает пикового значения [11].

Данная форма изменения тока и напряжения дуги позволяет контролировать размеры и геометрию поверхности жидкой сварочной ванны, регулировать давление электрической дуги на сварочную ванну и таким образом обеспечивать бездефектное формирование обратного валика шва. Процесс STT имеет следующие технологические характеристики. Преимущества процесса: возможность осуществлять сварку корневых проходов сварных соединений, например трубопроводов, с наружной части соединения; минимальное разбрызгивание при сварке; возможность выполнять сварку с минимальным перемешиванием металла шва с основным металлом; минимальное коробление металлоконструкции при сварке из-за снижения тепловложения в свариваемую деталь. Недостатки: сравнительно невысокая производительность процесса по сравнению с другими рассматриваемыми в данной статье способами сварки; высокая стоимость сложной инверторной сварочной техники; дорогостоящее программирование параметров сварочного режима, управление сварочным аппаратом осуществляется изменением циклограммы тока сварочной дуги, что затрудняет возможность быстрой перестройки импульсных режимов, снижена стабильность процесса при длинных соединительных кабелях (более 25 м от источника питания до подающего механизма) из-за изменения динамики переходных процессов в сварочном контуре, для гарантийного полного проплавления кромок стыка требуется выдерживание зазора между кромками не менее 2,5-3,0 мм [11].

1.4 Внедрение технологии автоматической сварки под слоем флюса кольцевых и продольных швов сборочных единиц из сталей с толщиной свариваемых кромок от 20 до 70 мм

В производство внедрена технология сварки продольных и кольцевых стыковых швов толстостенных конструкций в виде сборочных единиц из стали 09Г2С и стали 20 комбинированным способом, который подразумевает проведение работ в два этапа. На первом этапе производится проварка корня шва полуавтоматической сваркой в смеси защитных газов, а на втором – окончательное заполнение разделки автоматической сваркой под флюсом.

По результатам выполненной работы [13] для толщин 45-70 мм выбрана разделка свариваемых кромок, приведенная на рисунке 1.5.

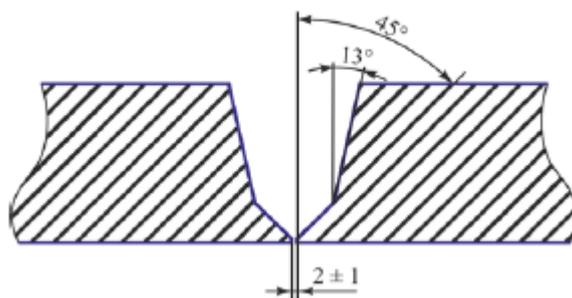


Рисунок 1.5 – Разделка кромок под сварку

Приведенная разделка обеспечивает доступность проварки корня шва как ручной аргодуговой сваркой, так и механизированной сваркой, кроме этого, обеспечивается хорошая отделяемость шлаковой корки. Тем самым исключается возможность появления зашлаковок, что подтверждается результатами рентгенографического и ультразвукового контроля сварных соединений.

В сравнении с разделкой, рекомендуемой ГОСТ 8713-79, приведенная разделка снижает количество проходов и расход присадочных материалов для заполнения. Также отпадает необходимость применения остающихся

подкладок, замковых соединений и флюсовых подушек, что значительно упрощает технологию сборки и сварки изделий. Кроме этого, появляется возможность выполнять сварные соединения на изделиях с малым внутренним диаметром, где затруднено применение остающихся подкладок в связи с трудностью удаления их механическим путем после сварки, а также флюсовых подушек. Дополнительно появляется возможность выполнять сварные соединения на изделиях, имеющих несколько швов разного диаметра со стыкуемыми кромками конических и цилиндрических деталей водной сборочной единице.

При сборке под сварку кольцевых и продольных швов для обеспечения корневого провара устанавливался зазор в пределах 2-3 мм. Сборка производилась на прихватки, выполняемые ручной аргонодуговой или полуавтоматической сваркой. Проварка корня шва (первые 3-4 прохода, рисунок 1.6) выполнялась механизированной сваркой в смеси газов (Ar 82% + CO₂ 18 %) сварочной проволокой Св-08Г2С. Для механизированной сварки было использовано оборудование фирмы EWM Phoenix 521 (Германия).

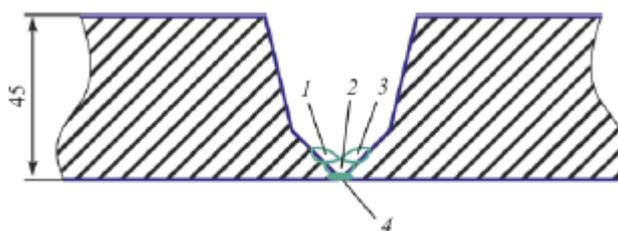


Рисунок 1.6 – Проварка корня шва: 1-4 – порядок наложения валиков

Сварку производили на следующих режимах:

- сварочный ток 230-260 А;
- напряжение дуги 28-32 В;
- диаметр проволоки 1,2 мм;
- расход защитного газа 14-18 л/мин.

Применение проварки корня шва в сварном соединении позволило исключить возникновение прожогов при автоматической сварке под флюсом.

Заполнение разделки выполнялось способом автоматической сварки под слоем флюса. Использовался сварочный трактор А2 фирмы ESAB (Швеция), также применялся специализированный стапель, включающий в себя перемещаемую по рельсовому пути рабочую площадку с установленным на ней сварочным трактором.

Данная установка позволяет сваривать продольные швы обечаек длиной до 2 м и кольцевые швы диаметром от 800 до 3000 мм, как с наружной, так и со внутренней стороны. На параллельных рельсовых путях установлены четыре секции саморегулируемых роlikоопор, которые позволяют осуществлять сварку кольцевых швов корпусов различной длины. Грузоподъемность одной секции роlikоопоры 10 т.

1.5 Двухсторонняя автоматическая сварка под флюсом

Швы сварных соединений, выполненные автоматической сваркой под слоем флюса, по характеру выполнения могут быть односторонние и двухсторонние, однопроходные и многослойные.

Основная трудность при сварке двусторонних стыковых швов заключается в сварке первого слоя. При хорошей сборке первый слой можно сваривать на весу (без подкладок). В этом случае обеспечивается провар примерно на глубину 60-70%. Остальная часть сечения шва сваривается с другой стороны после провара изделия. Чтобы жидкий металл не протекал в зазор при плохой сборке, для сварки первого шва часто применяют флюсовые подушки или медные подкладки.

Двухсторонняя сварка менее производительна, но она не так подвержена действию случайных изменений режима сварки и не требует сложных приспособлений, обеспечивающих формирование обратной стороны шва.

При изготовлении длинномерных секций из труб на трубосварочных базах могут применяться две схемы [15]:

- преимущественно с использованием двухсторонней механизированной сварки под флюсом;
- с использованием односторонней механизированной сварки под флюсом по сваренному вручную корню шва.

Наиболее характерная особенность сварки на трубосварочных базах – необходимость сварки под флюсом поворотных стыков труб по разделке кромок, предназначенной для ручной дуговой сварки. При таких разделках кромок корневой шов выполняют ручной дуговой сваркой, последующие под флюсом. Подготовку труб к сварке и сборку стыков выполняют так же, как и при сварке штучными электродами. Корень шва выполняют на внутреннем центраторе сварочными материалами и по технологии, рекомендованной для сварки поворотных стыков труб в нитку. При сварке корня шва на трубосварочных базах электроды газозащитного типа не применяют, так как они требуют сварки горячего прохода. Число слоев автоматической сварки определяется толщиной стенки трубы. Готовый шов должен иметь усиление высотой 1-3 мм и ширину, превышающую ширину разделки на 4-6 мм.

При сварке труб диаметром 1020 мм и выше с толщиной стенки более 16 мм обязательна внутренняя подварка корня шва (изнутри трубы), которую выполняют как электродами вручную, так и автоматической сваркой под флюсом. При ручной подварке стык собирают с обычным зазором и подварку выполняют сразу после завершения сварки корня шва снаружи. Автоматическую подварку можно выполнять по двум вариантам. Если ее выполняют сразу после сварки корня шва, стык можно собирать с уменьшенным зазором и тогда корневой шов сваривают без обязательного провара притупления. Затем автоматом подваривают корень шва изнутри трубы. Опасность прожогов при сварке заполняющих слоев шва практически исключена.

При условии выполнения подварки после заполнения разделки стыка, стык собирают с обычным зазором, после сварки корня шва заполняют разделку автоматической сваркой лишь по окончании сварки облицовочного

слоя выполняют подварку корня шва. Такая подварка гарантирует полный провар корня шва и исключает несплавление первого слоя шва с корневым, поскольку позволяет увеличить сварочный ток при автоматической сварке первого слоя шва без опасности прожогов.

Двусторонняя автоматическая сварка позволяет полностью отказаться от применения ручной сварки при изготовлении трубных секций на базе, в 1,5-2 раза увеличить производительность за счет уменьшения объема наплавленного металла, полной механизации процесса и форсирование режимов сварки [15].

При изготовлении секций труб при помощи двусторонней сварки под флюсом технологические операции выполняют в определенном порядке. Вначале при помощи механических станков изменяют форму фасок труб. Затем собирают трубы без зазора при помощи внутреннего центризатора, выполняют одну прихватку автоматической сваркой, поворачивают стык на 180° и сваривают первый наружный слой шва. Далее в зависимости от особенностей трубосварочной базы либо сваривают одновременно наружный и внутренний слои шва (БТС-143, БТС-142В), либо завершают сварку наружных слоев, а затем выполняют сварку изнутри (БТС-142). При сварке на рекомендованных режимах обеспечивается соблюдение требований к геометрическим размерам шва: полный провар стыка с перекрытием внутреннего и наружного слоев шва не менее чем на 3 мм. что гарантирует отсутствие несплошности даже при возможных случайных отклонениях сварочного тока.

У автоматической сварки с применением флюса есть много плюсов [15]. Ее главное достоинство – возможность полной автоматизации процесса сварки. От сварщика не нужно даже уметь варить, достаточно знать, как настроить оборудование. Также такой метод сварки гарантирует отличное качество сварочных соединений, поскольку отсутствует человеческий фактор.

У технологии сварки деталей автоматической наплавкой под слоем флюса есть и недостатки. Во-первых, вы сможете варить только нижний швы. Также детали должны быть очень точно подогнаны, ведь машина формирует

шов в четко заданном месте, и любая ошибка при стыковке приведет к браку. Кроме того, нужна очень тщательная подготовка металла перед сваркой.

Учтите, что у вас не получится сварить металл на весу. Деталь нужно будет зафиксировать на горизонтальной поверхности и предварительно проварить корень сварного соединения. Еще один существенный недостаток – большая стоимость как оборудования для автоматической сварки, так и комплектующих [15].

1.8 Заключение

Образование сварочных деформаций и напряжений имеют свои особенности, их изучение может повлиять на повышение надежности сварных соединений. Усовершенствовать процесс изготовления возможно используя инновационные методы и технологии, а именно применим двухстороннюю сварку под слоем флюса. Сварка будет выполняться на трубосварочной базе БТС-142В. Надежность трубопроводов зависит от своевременного обнаружения дефектов, поэтому важным является использование различных методов диагностики, как во время монтажа, так и во время эксплуатации трубопровода. Интегрированная система неразрушающего контроля качества позволяет существенно сократить время на получение и обработку данных, для этого можно успешно использовать комплекс УНИСКАН МТ. Выбор технологий и оборудования должен производиться в соответствии с документацией НАКС ВСН 004-88 «Строительство магистральных трубопроводов» и ОАО «Транснефть» ГОСТ Р 59496—2021 «Трубы стальные сварные. Дефекты сварных соединений. Термины и определения».

2 Объект и методы исследования

2.1 Описание сварной конструкции

В выпускной квалификационной работе рассматривается изготовление магистрального трубопровода, а именно рассмотрим изготовление плети из трех труб диаметром 1020 мм и толщиной стенки 22 мм, материал труб сталь 17Г1С (класс прочности К54), поставляется в соответствии с ТУ 14-1-1921-76.

Внешний вид плети труб представлен в приложении А. Габаритные размеры изделия: 36000x1064 мм.

Масса, кг: 20274 кг.

Плети изготавливаются на участке и транспортируются на место укладки, где производится сварка в нитку магистрального трубопровода. После трубы укладываются и закапываются в траншею. В процессе эксплуатации возможен ремонт сваркой отдельных частей конструкции.

2.2 Требования НД предъявляемые к конструкции

В связи с тем, что трубная плеть относится к опасным технологическим объектам (Нефтегазодобывающее оборудование) выполнение работ должно вестись в соответствии с документацией НАКС и требованиями ОАО «Транснефть» (РД-25.160.00-КТН-011-10 «Сварка при строительстве и ремонте магистральных нефтепроводов (с изменением №1 от 29.07.2010 года)» [16].

2.2.1 Подготовка труб

В процессе подготовки к сборке необходимо:

- очистить внутреннюю полость труб и деталей трубопроводов от

попавшего грунта, снега и т.п. загрязнений, а также механически очистить до металлического блеска кромки и прилегающие к ним внутреннюю и наружную поверхности труб на ширину не менее 15 мм;

- осмотреть торцы труб. Для этой цели могут быть также использованы резиновые коврики, заглушки из дерева и прокладки из негорючих тканевых, пластиковых материалов;

- осмотреть поверхности кромок свариваемых элементов. Устранить шлифованием на наружной поверхности неизолированных торцов труб или переходных колец цапапины, риски, задиры глубиной до 5 % от нормативной толщины стенки, но не более минусовых допусков на толщину стенки, оговоренных в соответствующих ГОСТах и Общих технических требованиях на трубы ОАО «АК «Транснефть»;

- удалить усиление наружных заводских продольных и спиральных швов до величины от 0 до 0,5 мм на участке шириной от 10 до 15 мм от торца трубы.

При применении труб и деталей с заводской разделкой кромок следует проверить соответствие формы, геометрических размеров, общим техническим требованиям на трубы и соединительные детали ОАО «АК «Транснефть», действующих стандартов РФ в области производства трубной продукции и Техническими условиями на поставляемую продукцию. Соответствие подготовки кромок под сварку и размеры разделки проверяются инструментально.

В случае несоответствия заводской разделки кромок требованиям технологии сварки следует произвести обработку (переточку) кромок под сварку механическим способом с применением специализированных станков. Форма специальной разделки кромок труб для автоматической сварки приведена в соответствующих разделах по технологии сварки. При применении труб с обработанными специальными станками кромками следует проверить соответствие формы, размеров и качества подготовки свариваемых кромок требованиям настоящего РД и Операционной технологической карты.

Переточка торцов кромок деталей трубопроводов допускается с официального разрешения завода изготовителя, по согласованной с ним инструкцией.

Форма разделки кромок для труб под сварку разнотолщинных соединений должна соответствовать одному из типов разделки, представленных рисунке 10.1 [16].

Разрешается править трубы класса прочности K54 и менее с величиной овала не превышающей 4 % от номинального диаметра. Овальность труб определяется как отношение разности наибольшего и наименьшего диаметра к номинальному наружному диаметру. Исправление овала производится на расстоянии не более 200 мм от конца трубы.

Допускается правка плавных вмятин на концах труб с классом прочности K54 и менее, глубиной не более 3,5 % номинального диаметра трубы с помощью безударных разжимных устройств гидравлического типа с обязательным местным подогревом изнутри трубы до плюс 100^{+50} °C независимо от температуры окружающего воздуха.

Допускается ремонт забоин, задиоров фасок глубиной до 5 мм на трубах 1-й группы прочности (таблица 13.4 [16]) с толщиной стенки более 6 мм. Ремонт осуществляется электродами с основным видом покрытия типа Э50А диаметром от 2,5 до 3,2 мм. Перед началом сварки осуществляется обязательный предварительный подогрев до 100^{+30} °C.

Отремонтированные поверхности и кромки труб следует зачистить абразивным инструментом путем их шлифовки, при этом должна быть восстановлена заводская разделка кромок, а толщина стенки трубы не должна быть выведена за пределы минусового допуска.

Резка труб производится с применением специальных станков.

Допускается производить резку труб механизированной плазменной, кислородной резкой с последующей обработкой специализированным станком или шлифмашинкой. При этом металл кромок должен быть удален на глубину не менее 1 мм от поверхности реза.

После вырезки участка с недопустимыми дефектами следует выполнить УЗК участка, прилегающего к торцу шириной не менее 40 мм по всему периметру трубы для выявления возможных расслоений.

Если в процессе УЗК выявлено наличие расслоений, должна быть произведена обрезка трубы на расстоянии не менее 300 мм от торца и произведен ультразвуковой контроль в соответствии с выше приведенными правилами.

Допускается выполнение «нутрения» (расточки кромок изнутри трубы) шлифмашинками. После «нутрения» следует проверить соответствие минимальной фактической толщины стенки в зоне свариваемых торцов допуском, установленным в общих технических требованиях и технических условиях на поставляемые трубы. Качество выполнения «нутрения» фиксируется соответствующим актом ВИК [16].

2.2.2 Требования к сборке

При сборке запрещается любая ударная правка концов труб.

Все подготовительные и сборочно-сварочные операции следует производить в соответствии с операционными технологическими картами, указания которых должны быть подтверждены результатами аттестации технологии сварки.

Смещение кромок электросварных труб после сборки не должно превышать:

- для труб с толщиной стенки 10,0 мм и более - 20 % от нормативной толщины стенки, но не более 3,0 мм;
- для труб с толщиной стенки более 15 мм, с применением внутреннего центриатора, допускаются локальные смещения кромок до 3 мм при общей протяженности участков с такими смещениями не более 1/6 периметра стыка.

Внутреннее смещение кромок в стыках бесшовных труб не должно превышать 2,0 мм для труб с толщинами стенок 8,1 мм и более.

Измерение величины внутреннего смещения бесшовных труб следует выполнять шаблоном. Допускается измерение величины смещения кромок бесшовных труб по наружным поверхностям с одновременным измерением толщины стенки трубы в месте замера.

Для изготовления двух или трех трубных секций при односторонней или двухсторонней автоматической сварке под флюсом следует применять трубы с одинаковой нормативной толщиной стенки.

При сборке заводские продольные швы следует смещать относительно друг друга не менее чем на 75 мм – при диаметре труб до 530 мм включительно, на 100 мм – при диаметре труб более 530 мм.

В случае технической невозможности соблюдения требований 8.3.11 [16] (захлесты, приварка кривых холодного гнутья и т.д.) любое изменение расстояния между смежными швами в каждом отдельном случае должно быть подтверждено с представителем службы независимого технического надзора и отражено в исполнительной документации (в сварочном журнале).

При установке зазора в стыках, выполняемых различными способами сварки, следует руководствоваться требованиями таблицы 8.1 [16].

Сборку стыков труб диаметром 377 мм и более следует производить на внутренних центраторах гидравлического или пневматического типов. Центратор не должен оставлять царапин, задиrow, масляных пятен на внутренней поверхности труб.

Сборку на внутреннем центраторе стыков труб и деталей с заводской или подготовленной специализированными станками разделкой кромок следует осуществлять без прихваток. Если в процессе установки технологического зазора возникла объективная необходимость в установке прихваток, то они должны быть полностью удалены в процессе сварки корневого слоя шва.

При сборке труб под двустороннюю автоматическую сварку поворотных стыков труб на трубосварочной базе допускается выполнение одной прихватки

длиной 200 мм. Прихватка выполняется на режиме сварки первого наружного слоя шва, с обязательным зашлифовыванием начального и конечного участка прихватки.

В случае технической невозможности сборки стыков без прихваток разрешается их установка в соответствии с требованиями, представленными в таблице 2.1, с последующим удалением в процессе выполнения корневого слоя шва.

Режимы сварки при выполнении прихваток должны соответствовать режимам сварки корневого слоя шва.

Прихватки следует выполнять на следующем расстоянии от заводских продольных швов для труб диаметром более 100 мм – не менее 100 мм [16].

Таблица 2.1 – Требования к количеству и протяженности прихваток

Диаметр стыкуемых элементов, мм	Минимальное количество прихваток	Длина прихваток
820 ÷ 1067 включительно	4	100-150

2.2.3 Требования к предварительному подогреву

Перед началом выполнения сварки корневого слоя шва, производится подогрев торцов труб и прилегающих к ним участков в соответствии с требованиями настоящего раздела [16].

Предварительный подогрев стыков труб с толщиной стенки 17 мм и более должен осуществляться с помощью установок индукционного нагрева.

Средства нагрева должны обеспечивать равномерный подогрев торцов по периметру стыка и прилегающих к нему участков поверхностей труб в зоне шириной 150 мм (± 75 мм в обе стороны от стыка).

Подогрев не должен нарушать целостность изоляции. В случае применения газопламенного нагрева следует применять термоизолирующие пояса и/или боковые ограничители пламени.

Продолжительность подогрева определяется экспериментально для каждого подогревателя в зависимости от температуры окружающего воздуха и толщины стенки трубы. Трубы с толщиной стенки от 20 до 32 мм при температуре окружающего воздуха ниже минус 20°C перед сваркой выдерживать при установленной температуре подогрева в течение 10-15 минут

При двухсторонней автоматической сварке под флюсом поворотных стыков труб диаметром от 1020 до 1220 мм на трубосварочных базах осуществляется предварительный подогрев до «плюс» 50⁺³⁰ °С при температуре окружающего воздуха ниже 0 °С и/или при наличии влаги на торцах труб.

При выполнении ремонтных работ по устранению дефектов сварных соединений изнутри и снаружи трубы независимо от температуры окружающего воздуха и толщины стенки трубы и эквивалента углерода следует произвести предварительный подогрев до минимальной температуры 100°C. Подогрев ремонтных участков общей протяженностью менее 100 мм допускается осуществлять местным подогревом однопламенной горелкой снаружи трубы.

Контроль соблюдения требований по температуре предварительного подогрева производится поверенным контактным или бесконтактным термометром с погрешностью измерений не более 10°C или термокарандашами.

Замер температуры во всех случаях производится не менее чем в четырех точках равномерно по периметру стыка на расстоянии от 60 до 75 мм от торца трубы (детали).

Межслойная температура в процессе выполнения сварных швов труб из сталей прочностных классов до К60 включительно должна находиться в пределах от 50 до 250°C.

Не допускается производство сварочных работ при температуре свариваемого соединения ниже регламентированных настоящим разделом. Необходимо остановить процесс сварки, произвести подогрев стыка до заданного значения межслойной температуры, возобновить процесс сварки. При невыполнении данных требований стык подлежит вырезке.

Допускается проведение сопутствующего подогрева с помощью однопламенных горелок в случае снижения температуры предварительного подогрева непосредственно перед сваркой корневого слоя шва на 10°C ниже регламентированной температуры 50°C.

С целью предотвращения быстрого остывания стыков после сварки следует применять защитные теплоизолирующие пояса (кожухи) [16].

2.2.4 Требования к сварке

Сварные соединения труб диаметром до 1220 мм выполняются с применением технологий, указанных в разделе 9 настоящего РД [16].

Сварочные материалы следует выбирать в соответствии с требованиями раздела 7 настоящего РД [16].

Зажигание дуги следует производить в разделке кромок или с поверхности уже выполненных участков шва. Запрещается зажигать дугу на поверхности трубы или детали. Удаление (сдвиг) внутреннего центриатора разрешается после выполнения всего периметра корневого слоя шва независимо от способа.

Сварка всех слоев шва для труб диаметром более 377 мм выполняется не менее чем двумя сварщиками, за исключением применения технологий двухсторонней автоматической сварки и ручной дуговой сварки подварочного слоя шва.

Корневой слой шва стыков труб диаметром от 1020 до 1220 мм при возможности подвергается визуально измерительному контролю изнутри трубы.

Подварка изнутри трубы должна осуществляться ручной дуговой сваркой электродами с основным видом покрытия диаметром 3,2 (3,0) мм.

Сварка всех слоев шва должна осуществляться в укрытиях (палатках) надежно защищающих свариваемые стыки от атмосферных осадков, ветра и т.д.

Количество слоев шва в зависимости от толщины стенки трубы и применяемой технологии сварки, должно соответствовать требованиям раздела 9 настоящего РД [16]. Минимальное и максимальное количество слоев шва указывается в технологической карте и подтверждается результатами аттестации технологии сварки.

В сварных соединениях труб при ширине раскрытия кромок более 14 мм, применяется «валиковая» сварка заполняющих и облицовочного слоев шва. Ширина каждого валика должна составлять от 9 до 12 мм. Смежные валики должны перекрывать друг друга на величину, составляющую не менее 1/3 от ширины одного валика. Валики облицовочного слоя должны иметь плавный переход к основному металлу. Количество валиков сварного шва отражается в операционно-технологической карте.

В процессе сварки горизонтальных стыков и стыков, имеющих отклонение от горизонтали до величины ± 45 градусов, облицовочный слой шва следует выполнять не менее чем в два прохода (валика), если толщина стенки составляет до 12,5 мм и трех для толщин стенок от 12 до 15 мм.

В процессе сварки стыка производится послойная зачистка механическим способом всех слоев шва от шлака и брызг металла.

Сварку каждого прохода следует начинать и заканчивать с обеспечением следующих минимальных расстояний от заводских швов труб, соединительных деталей 100 мм для диаметров 820 мм и более.

Место начала сварки каждого последующего слоя должно быть смещено относительно начала предыдущего слоя шва не менее чем на 30 мм.

Места окончания сварки смежных слоев шва («замки» шва) должны быть смещены относительно друг друга на расстоянии от 70 до 100 мм.

При многоваликовой сварке толстостенных элементов (один проход выполняется несколькими валиками) места начала сварки и «замки» соседних валиков должны быть смещены один относительно другого не менее чем на 30 мм.

Не следует оставлять не полностью сваренные стыки с толщинами стенок более 10,0 мм. В случае, когда производственные условия не позволяют завершить сварку, стыков труб с толщиной стенки более 10 мм, необходимо соблюдать следующие требования:

- стык должен быть сварен не менее чем на $2/3$ толщины стенки трубы;
- незавершенный стык следует накрыть водонепроницаемым теплоизолирующим поясом, обеспечивающим замедленное и равномерное остывание;
- перед возобновлением сварки стык должен быть вновь нагрет до требуемой минимальной температуры предварительного подогрева;
- стык должен быть полностью завершен в течение 24 часов.

В случае не соблюдения требований 8.5.27, 8.5.28 стык подлежит вырезке [16].

Обратный кабель (заземление) следует присоединять с помощью специальных контактных устройств, исключающих образование искрений на теле трубы в процессе сварки. Конструкция устройств должна обеспечивать токоподвод преимущественно в разделку кромок труб. Запрещается приваривать к телу трубы какие-либо крепежные элементы обратного кабеля.

Рабочее место сварщика, а также свариваемая поверхность должны быть защищены от дождя, снега и ветра укрытием (палаткой) из негорючего материала (при сварке самозащитными порошковыми проволоками

допускается применять только защиту от осадков (навес). Допустимая скорость ветра при выполнении сварочных работ определяется в зависимости от выбранных способа сварки и сварочных материалов и указывается в технологической карте сборки и сварки.

Маркировку сварных стыков следует производить несмываемыми маркерами или краской на наружной поверхности трубы в соответствии с приложением В [16].

2.2.4.1 Технология автоматической сварки под флюсом (АФ)

Автоматическую сварку под флюсом поворотных стыков труб диаметром от 325 до 1220 мм выполняют на трубосварочных базах, оснащенных специализированным оборудованием для подготовки и ведения процесса сварки.

Предварительный подогрев следует выполнять в соответствии с требованиями раздела 8 настоящего РД [16].

Сварку производят на внутреннем центраторе.

Жимки внутреннего центратора должны быть освобождены только после полного завершения сварки первого наружного слоя шва, при отсутствии иных требований.

Сварку всех слоев шва следует производить без перерывов в работе. Интервал времени между завершением первого наружного и началом сварки внутреннего слоя шва не должен превышать 30 минут при температуре окружающего воздуха выше 0 °С и 10 минут при температуре окружающего воздуха 0 °С и ниже. В случае превышения указанных интервалов, следует обеспечить поддержание температуры на уровне значений не ниже температуры предварительного подогрева вплоть до момента сварки следующего слоя, при невыполнении данного требования стык подлежит вырезке.

Все стыки, выполняемые одной сменой, к ее окончанию должны быть сварены полностью. В порядке исключения, в случае выхода из строя оборудования, отключения сети и т.п. разрешается оставлять до следующей смены стык трубной секции с невыполненным облицовочным слоем шва. Перед завершением сварки данного стыка следует выполнить подогрев по режиму предварительного подогрева. При невыполнении указанных требований стык подлежит вырезке.

Флюс, остающийся на поверхности трубы в процессе сварки, следует ссыпать в чистый сухой поддон, просеять через сито, освобождая его от кусков шлаковой корки и инородных включений. Очищенный флюс допускается использовать повторно. При его повторном применении следует добавлять к ранее использованному флюсу от 25 до 50% нового (неиспользованного) флюса. Запрещается использование флюса, просыпавшегося мимо бункера или поддона. Флюс, оставшийся по окончании смены в бункере сварочной головки, должен быть удален из бункера и помещен до следующей смены в герметичную тару.

Запрещается сброс сваренных секций и их соударение, а также их скатывание (складирования) на мокрый грунт или снег до остывания стыка до температуры «плюс» 50 °С в летнее время, и 0°С при отрицательной температуре окружающей среды.

Технология двухсторонней автоматической сварки под флюсом.

Подготовку стыков, сборку и предварительный подогрев следует выполнять в соответствии с требованиями раздела 8 [16]. При подготовке производится механическая обработка торцов труб станками типа СПК, входящими в состав оборудования трубосварочной базы. Форма разделки кромок под сварку представлена на рисунке 2.1.

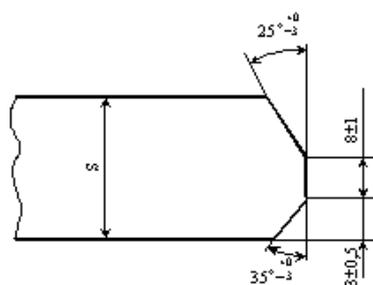


Рисунок 2.1 – Типы разделки кромок труб диаметром 1020 мм для двусторонней автоматической сварки под флюсом

Сварку стыка производят в следующем порядке:

- первый наружный слой шва;
- внутренний слой шва;
- последующие наружные слои шва (если они регламентированы операционной технологической картой).

Рекомендуется выполнять одновременную сварку второго наружного и внутреннего слоев шва.

Геометрические размеры швов, определяемые по макрошлифам, должны соответствовать рисунку 2.2 и таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Требования к ширине наружного и внутреннего слоёв шва при двухсторонней сварке под флюсом

Диаметр трубы, мм	Толщина стенки трубы, мм	Ширина шва при сварке под флюсом	
		Наружный шов	Внутренний шов
1020	22,0	21 ± 4	24 ± 4

Геометрические размеры швов определяют на трех макрошлифах, изготовленных из допусчного стыка и из каждого 200 стыка. Темплеты для макрошлифов вырезают на любом участке сварного соединения равномерно по периметру стыка, но не ближе 200 мм от места начала или окончания процесса сварки.

В случае отклонения геометрических параметров от заданных значений сварку следует прекратить, отладить оборудование и режим сварки, после чего выполнить сварку двух новых стыков, из которых вырезать макрошлифы. В случае, если размеры швов по макрошлифам соответствуют установленным требованиям, сварку можно продолжить.

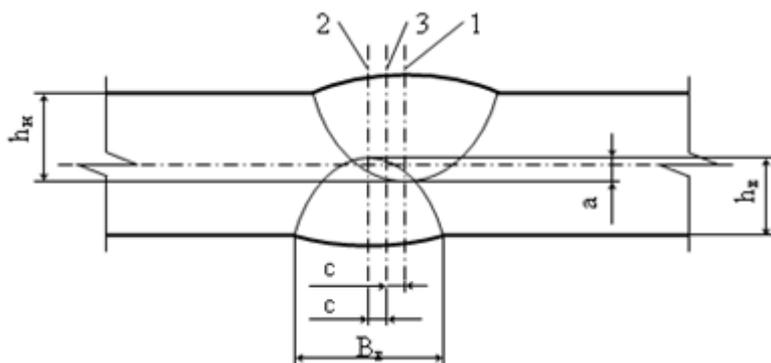


Рисунок 2.2 – Макрошлиф для оценки геометрических параметров сварного шва: 1 – ось первого (наружного) слоя шва; 2 – ось внутреннего слоя шва; 3 – условная ось стыка; а – перекрытие наружного и внутреннего слоев шва ($a \geq 3$ мм при толщине стенки труб 12 мм и более; $a \geq 2$ мм при толщине стенки труб менее 12 мм; с – смещение осей первого наружного и внутреннего слоев шва от условной оси стыка ($c = \pm 1$ мм);

$h_{\text{н}}$ и $h_{\text{в}}$ – глубина проплавления соответственно первого наружного и внутреннего слоев шва; $B_{\text{в}}$ – ширина внутреннего слоя шва

Остальные 199 стыков, предшествующие первому вырезанному, следует считать годными, если в результате неразрушающего контроля в них не выявлено недопустимых дефектов.

Если облицовочный слой шва смещен относительно первого наружного слоя, но при этом перекрывает всю его ширину, то стык считается годным при отсутствии недопустимых дефектов шва и соблюдении заданных режимов. В данном случае оси первого наружного слоя и внутреннего слоя шва должны

совпадать или быть смещены относительно друг друга на расстояние не более 2 мм [16].

2.2.5 Требования к оформлению документации

Документацию следует оформлять в соответствии с приведенными ниже документами.

ГОСТ 2.105-2019 «Единая система конструкторской документации (ЕСКД). ГОСТ 3.1502-85 «Единая система технологической документации (ЕСТД). Формы и правила оформления документов на технический контроль». ГОСТ 3.1119-83 «Единая система технологической документации (ЕСТД). Общие требования комплектности и оформлению комплектов документов на единичные технологические процессы». ГОСТ 3.1407-86 «Единая система технологической документации (ЕСТД). Формы и требования к заполнению и оформлению документов на технологические процессы, специализированные по методам сборки». ГОСТ 3.1705-81 «Единая система технологической документации (ЕСТД). Правила записи операции переходов. Сварка». РД-25.160.00-КТН-011-10 Сварка при строительстве и ремонте магистральных нефтепроводов (с изменением №1 от 29.07.2010 года). РД-19.100.00-КТН-001-10 Неразрушающий контроль сварных соединений при строительстве и ремонте магистральных трубопроводов.

2.2.6 Требования к контролю

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

Неразрушающему контролю подвергают выполненные всеми видами ручной, механизированной, комбинированной и автоматической электродуговой сварки соединения магистральных трубопроводов, к которым относятся инженерные сооружения, состоящие из подземных, подводных, наземных и надземных трубопроводов и связанных с ними насосных станций, и других технологических объектов, обеспечивающих транспортировку, приемку, сдачу нефти/нефтепродуктов потребителям или перевалку на другой вид транспорта, в том числе:

- линейной части магистральных трубопроводов, которыми являются участки трубопровода, соединяющие НПС между собой либо с приемо-сдаточными пунктами;
- технологических трубопроводов, включающих в себя:
- трубопроводы между точками врезки в линейную часть магистрального трубопровода на входе и выходе площадочного объекта, включая входную и выходную арматуру;
- трубопроводы дренажа и утечек от насосных агрегатов, дренажа фильтров-грязеуловителей, регуляторов давления, узлов учета нефти/нефтепродуктов;
- трубопроводы сброса давления от предохранительных клапанов, системы сглаживания волн давления, обвязки емкостей сброса ударной волны, откачки из емкостей сбора утечек;
- трубопроводы резервуарных парков, включая обвязку резервуаров;
- трубопроводы сливо-наливных эстакад;
- трубопроводы опорожнения стендеров морских терминалов, установок для рекуперации паров нефти.

Сварные соединения трубопроводов по 5.2 [17] на этапе строительства, реконструкции и капитального ремонта контролируют с применением визуального и измерительного, капиллярного, магнитопорошкового, радиографического, ультразвукового методов контроля и с применением ВИП.

Примечания – Капиллярный и магнитопорошковый методы контроля применяются для уточнения результатов ВИК, в качестве дополнительных методов контроля.

Для применения других, не перечисленных в 5.3 [17], методов нормоконтроля следует разработать технологию контроля с использованием предлагаемого метода, соответствующую технологическую инструкцию и операционные технологические карты. Разработанная технология должна пройти экспертизу промышленной безопасности с регистрацией заключения в Ростехнадзоре, согласование с ООО «НИИ Транснефть».

На стадии строительства, реконструкции и ремонта трубопроводов объемы применения методов нормоконтроля сварных соединений в зависимости от назначения и диаметра трубопровода (его участков), проектного давления транспортируемой по нему среды, а также условий прокладки и категории трубопровода (его участков) устанавливаются проектной документацией.

После завершения строительством участка трубопровода протяженностью более 1000 м или подводного перехода трубопровода, перед сдачей его в эксплуатацию, производится нормоконтроль с применением ВИП. Порядок пропуска ВИП, представления отчетов по его результатам, идентификации и устранения выявленных дефектов определены ОР-19.000.00-КТН-194-10.

Методы контроля сварных соединений трубопроводов и объемы их применения при ремонте трубопроводов по 5.2 [17] настоящего документа независимо от их категории определяют по таблице 2.3.

Таблица 2.3 – Методы и объемы нормоконтроля сварных соединений при эксплуатации трубопроводов

№ п/п	Назначение, вид сварного соединения, стадия выполнения работ	Методы контроля и объемы их применения, %			
		ВИК	ПВК (МК)	УЗК	РК
1	Отремонтированный участок шва при заварке дефектов на заполненных участках трубопровода	100	–	100	–

Сварные соединения трубопроводов, находящихся в эксплуатации, в которых параметры дефектов определены только по данным ВИП, а также сварные соединения, которые не могут быть проконтролированы с применением ВИП, в том числе находящиеся в режиме консервации, должны быть дополнительно проконтролированы неразрушающими методами при проведении ДДК в соответствии с ОР-19.100.00-КТН-010-10.

Методы, объемы и порядок проведения нормоконтроля, выполняемого в целях ДДК трубопроводов, находящихся в эксплуатации или режиме консервации, определяются результатами технического диагностирования и требованиями РД-23.040.00-КТН-140-11, а также требованиями РД-19.100.00-КТН-192-10.

При оценке качества сварного соединения учитываются все дефекты, выявленные примененными методами нормоконтроля.

Выявленные в сварных соединениях недопустимые дефекты устраняются до ввода трубопровода в эксплуатацию.

Форма технологической инструкции – в соответствии с приложением А настоящего документа [17].

Типовые операционные технологические карты оформляют в соответствии с приложением Б настоящего документа [17].

Заключения по результатам нормоконтроля оформляются в соответствии с приложением В настоящего документа [17].

Определение одиночных включений, скоплений, одиночных скоплений проводить в соответствии с приложением Г настоящего документа [17].

Контроль и оценка соответствия требованиям НД сварных соединений разнотолщинных элементов, имеющих различную толщину стенки и форму подготовки кромок по периметру стыка проводятся в соответствии с приложением Д настоящего документа [17].

Результаты контроля сварных соединений методами нормоконтроля приводятся в журнале контроля сварных соединений методами нормоконтроля, оформленном в соответствии с приложением Е настоящего документа.

Технология цифровой радиографии с использованием запоминающих пластин осуществляется в соответствии с приложением Ж настоящего документа.

АУЗК должен проводиться в соответствии с приложением И настоящего документа [16].

Технология УЗК стыковых кольцевых сварных соединений дефектоскопами с ФАР осуществляется в соответствии с приложением К настоящего документа [17].

2.3 Методы 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. Сложность процесса

проектирования (как и любой другой творческой деятельности), нестандартность проектных (жизненных) ситуаций вызывают необходимость знания различных методов и умения владеть ими.

Метод – это прием или способ действия с целью достижения желаемого результата. Его выбор зависит не только от вида решаемой задачи, но и индивидуальных черт разработчика (его характера, организации мышления, склонности к риску, способности принимать решения и нести за них ответственность и т. п.), условий его труда и оснащенности средствами оргтехники.

Применение метода позволяет найти то или иное решение и, в итоге, выбрать окончательное.

Решение, которое будет обладать отличными характеристиками и высокой эффективностью, часто называют сильным решением.

В настоящее время известно множество методов, как универсальных, так и предназначенных для решения узкого круга задач. Ниже приведена классификация методов, используемых в проектировании, и даны ссылки на источники, содержащих сведения о наиболее распространённых из них.

Основные группы методов.

В процессе проектирования вид разрабатываемой системы (устройства, процесса, явления и т. д.) проходит развитие от первоначально нечётких словесных описаний, приведённых в техническом задании, до детальных чертежей и опытных образцов. Этот процесс сопровождается решением отдельных взаимосвязанных задач, применением тех или иных моделей. В зависимости от объёма и вида сведений о решаемой задаче методы можно подразделить на эвристические, экспериментальные и формализованные.

Методы конструирования.

Эвристические методы позволяют найти оригинальные или неожиданные идею, техническое решение, образ объекта. Однако на практике такое требуется примерно в 10% решаемых задач, когда важны существенные прорыв в новое или отрыв от конкурентов. Чаще необходимо

усовершенствовать уже известное решение. Это объясняется тем, что инженерное решение всегда должно увязываться с его практической реализуемостью, с возможностью «воплощения в металле», то есть быть, прежде всего, технологичным, экономичным и не требовать длительных по времени работ. А потому новое решение обычно получают путем постепенного внесения малых изменений в прежнюю, уже существующую конструкцию, используя разные методы и подходы, условно называемые методами конструирования.

К методам конструирования относятся методы на основе преемственности, унификации, агрегатирования, модификации, стандартизации, инверсии и другие. По своему характеру эти методы являются эвристическими.

Конструктивная преемственность – это постепенное совершенствование конструкции путем введения в нее отдельных новых или дополнительных деталей, узлов, агрегатов взамен морально устаревших и неудовлетворяющих современным требованиям, либо с целью изменения прежних характеристик изделия. Метод основан на совершенствовании уже существующей конструкции. Он включает следующие этапы:

- составление списка новых требований к конструкции и его анализ;
- выявление в конструкции частей, препятствующих удовлетворению этих требований;
- поиск путей по усовершенствованию данных частей или поиск вариантов для их замены.

Метод широко использует основные эвристические методы. Так, для поиска слабых мест в конструкции эффективно применять метод иерархической декомпозиции, расчлняя изделие на как можно более простые или элементарные части и отыскивая те, с которыми связана неудовлетворительная работа всего изделия. Чем элементарнее будет заменяемая часть, тем проще и быстрее будет создана более совершенная конструкция: меньше времени уйдет на разработку, не понадобится

существенно переналаживать технологический процесс. При этом необходимо выполнять проверку на состыковку новой части с остальными частями изделия (по геометрическим размерам и формам сопрягаемых поверхностей, усилиям взаимодействия и передаваемой мощности и другим входным и выходным параметрам) и обращать внимание на то, чтобы согласование размеров, создание специальных условий и т. д. не усложняло технологию изготовления и сборки соседних взаимодействующих частей.

Методы проектирования, применяемые в выпускной квалификационной работе.

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

Проектировочным методом был спроектирован участок сборки-сварки плети трубопровода.

2.4 Постановка задачи

Целью работы является: разработка технологии сборки и сварки магистрального нефтепровода.

Задачами данной выпускной квалификационной работы является: изучить составные детали изделия, описать марку стали, выбрать метод сварки, выбрать режимы сварки и сварочные материалы, пронормировать операции, составить технологические карты.

3 Разработка технологических карт

3.1 Анализ исходных данных

3.1.1 Основные материалы

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

Таблица 3.1 – Химический состав стали 17ГС, % (ТУ 14-1-1921-76) [18]

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 17ГС по ТУ 14-1-1921-76 [18]

ТУ	Состояние поставки	Диаметр, мм	σ_t , МПа	σ_b , МПа	δ_5 , %
14-3-1573-96	Трубы электросварные прямошовные нефтегазопроводные в состоянии поставки	1020	≥ 350	≥ 510	≥ 20

Для изготовления трубы для подземных магистральных трубопроводов используют сталь – ТУ 14-1-1921-76– конструкционная низколегированная сталь.

Условное обозначение трубы: Труба ХЛ – 3 – 1020х22 – 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;

1020 – диаметр трубы, мм;

22 – толщина стенки трубы, мм;

К- 54 – класс прочности материала труб;

Предел прочности, МПа – 530;

Относительное удлинение, % – 2;

ОТО – объемная термическая обработка.

Физические характеристики стали 17ГС 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 нее изготавливают:

- электросварные и бесшовные трубы;
- водогрейные и паровые котлы;
- нефте и газопроводы;
- теплообменные аппараты;
- отводы, переходы, фланцы и другие фасонные детали

трубопроводов;

- различные виды стального гнutoго проката;
- детали вагонов, автомобилей и специальной техники.

Свариваемость [19]:

Стали: 17ГС относится к 1 группе свариваемости (Хорошая). Сварка производится без особых приемов.

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

Способы сварки: РДС, сварка под слоем флюса, сварка плавящимся электродом в защитном газе, электрошлаковая сварка и контактная [19].

Для классификации по свариваемости стали подразделяются на четыре группы [20]:

- первая группа – хорошо сваривающиеся стали;
- вторая группа – удовлетворительно сваривающиеся стали;
- третья группа – ограниченно сваривающиеся стали;
- четвёртая группа – плохо сваривающиеся стали.

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

Для определения стойкости металла против образования трещин определяют эквивалентное содержание углерода по формуле [21]:

$$C_{\text{экв}} = C + (Mn/6) + (Si/24) + (Ni/10) + (Cr/5) + (Mo/4) + (V/14), \quad (3.1)$$

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

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

Рассчитаем эквивалентное содержание углерода для стали 17ГС:

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

Сталь 17ГС – конструкционная низколегированная сталь по ТУ 14-1-1921-76 [18]. Эта сталь относится к первой группе свариваемости и обладают хорошей свариваемостью [18]. Ограничения по свариваемости могут быть лишь по минимальной температуре окружающей среды (не ниже - 10 °С). Этому способствует ускоренное охлаждение шва. Кроме того, наплавленный металл иногда легируют небольшим количеством марганца и кремния через сварочную проволоку.

3.1.2 Обоснование и выбор способа сварки

В связи с тем, что изготавливаемая плеть труб относится к опасным технологическим объектам (Нефтегазодобывающее оборудование) в связи с этим выбор методов сварки строго регламентируется руководящей документацией организации производящей строительства объекта, в нашем случае АО «Транснефть». Поэтому режимы сварки выбирается согласно РД-25.160.00-КТН-011-10. Способы сварки при разработке технологии следует выбирать как из числа типовых, так и из числа специальных способов сварки, чтобы проектируемая технология наиболее соответствовала современным требованиям, была эффективной и перспективной.

Выбранный способ сварки должен удовлетворять требованиям, установленным исходными данными. Если в результате выбора предполагается несколько способов, то окончательный выбор производится по результатам экономической эффективности.

Для изготовления магистрального трубопровода из стали 17Г1С рекомендуются способы сварки приведенные на странице 96 РД-25.160.00-КТН-011-10. В обзоре литературы была рассмотрена двухсторонняя автоматическая сварка под флюсом поворотных стыков труб, описанные достоинства этого способа сварки позволят выбрать эту технологию для изготовления трубопровода.

3.1.3 Выбор сварочных материалов

Сварка корневого, заполняющих и облицовочного слоя швов выполняется проволокой *EN756-S2Si* Ø. 4,0 мм [16].

Назначения и область применения: проволока сплошного сечения для осуществления электродуговой сварки низколегированных и низкоуглеродистых сталей под слоем флюса.

Рекомендуемый режим сварки: постоянный ток (обратная полярность).

Химический состав проволоки *EN756-S2Si* и наплавленного металла, а так же механические свойства металла шва приведены в таблицах 3.3 и 3.4.

Таблица 3.3 – Химический состав проволоки *EN756-S2Si* ГОСТ 2246-70 [22]

<i>C, %</i>	<i>Mn %</i>	<i>Si, %</i>	<i>P, %</i>	<i>S, %</i>	<i>Ni, %</i>	<i>Cr, %</i>	<i>Al, %</i>
0,07	1,0	0,15	-	0,025	-	-	-
0,07	1,7	0,65	-	0,025	-	-	-

Таблица 3.4 – Механические свойства наплавленного металла шва [22]

$\sigma_T, \text{МПа}$	$\sigma_B, \text{МПа}$	$\delta, \%$	<i>KCU, кДж/см²</i>
			-29 ⁰ С
430	530	35	47

Для защиты сварочной дуги применяется флюс *EN 760-SA AB 1 67 AC H5* [23].

Флюс *ЭСАБ-СВЭЛ ОК Flux 10.71* – керамический сварочный флюс алюминатно-основного типа, предназначен для одно- и многопроходной электродуговой сварки на постоянном и переменном токе углеродистых и низколегированных конструкционных сталей перлитного класса с нормативным временным сопротивлением разрыву до 600 МПа.

Флюс соответствует общим техническим условиям ГОСТ 28555, EN 13479, имеет маркировку "CE" Европейской ассоциации торговли и широко применяется в производстве строительных металлоконструкций, в том числе мостов, в судостроении, строительстве трубопроводов и в ряде отраслей машиностроения.

Особенности:

- объемная масса ~ 1,2 кг/дм³;
- коэффициент основности – 1,5;

Химический состав флюса представлен в таблице 3.5.

Таблица 3.5 – Химический состав флюса ЭСАБ-СВЭЛ ОК Flux 10.71 в % [23]

$(SiO_2 + TiO_2)$	$(CaO + MgO)$	$(Al_2O_3 - MnO)$	CaF_2
20	25	35	15

Классификация: EN 760- SA AB 1 67 AC H5 EFTA (EU): CE/EN 13479
ГОСТ 28555.

Сертификаты и брошюры:

Свидетельство НАКС для ЭСАБ-СВЭЛ ОК Flux 10.71.

Свидетельство НАКС для ЭСАБ-СВЭЛ ОК Flux 10.71 (КСМ).

Типовой химический состав наплавленного металла показан в таблице 3.6 [23].

Таблица 3.6 – Типовой химический состав наплавленного металла, %

ОК Flux 10.71/ ОК Autrod	C	Si	Mn	S	P
12,22	0,07	0,35-0,60	1,20-1,65	0,020	0,030

Типовые механические свойства наплавленного металла показаны в таблице 3.7 [23].

Таблица – 3.7 Типовые механические свойства наплавленного металла

OK Flux 10.71/OK Autrod	Предел текучести Н/мм ²	Предел прочности Н/мм ²	Удлинение	Ударная вязкость (KCV)
12,22	440	560	29%	120 Дж/см ² при -40°С
12,24	560	650	24%	140 Дж/см ² при -20°С

3.2 Выбор технологических режимов

В связи с тем, что изготавливаемая плет труб 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 АО «Транснефть». Поэтому режимы сварки выбирается согласно РД-25.160.00-КТН-011-10. Режимы двухсторонней сварки стыков труб из низкоуглеродистых и низколегированных сталей с использованием комбинаций «плавленный флюс – проволока» приведены в таблице 3.8.

При заклинивании шлака в разделке во время сварки первого наружного слоя шва и для улучшения сопряжения шва со стенками разделки смещение электрода с зенита трубы рекомендуется увеличить на величину от 5 до 10 мм по сравнению со значениями, данными в таблице 3.8.

Внутренний слой шва должен свариваться в один проход. Величина усиления внутреннего и облицовочного слоев шва должна находиться в пределах от 1 до 3 мм. Ширина наружного и внутреннего слоёв шва представлена в таблице 2.2 [16]. Начало заполняющего шва должно быть

смещено от окончания корневого шва на 100^{+50} мм. Начало облицовочного шва должно быть смещено от окончания заполняющего шва на 100^{+50} мм.

Таблица 3.8 – Режимы двухсторонней сварки поворотных стыков труб диаметром от 1020 до 1220 мм с использованием комбинаций «плавленный флюс – проволока»

Толщина стенки трубы, мм	Диаметр электродной проволоки, мм	Порядковый номер слоя	Сварочный ток, А	Напряжение на дуге, В	Скорость сварки, м/ч.	Смещение электрода с зенита (надира) трубы*, мм
Наружная сварка						
22,0	4,0	Первый	От 850 до 950	От 42 до 44	От 40 до 50	От 60 до 80
		Последующие	От 900 до 1000	От 44 до 46	От 50 до 60	От 50 до 70
		Облицовочный	От 800 до 900	От 46 до 48	От 40 до 45	От 40 до 60
Внутренняя сварка						
22,0	4,0	Первый	От 750 до 850	От 44 до 46	От 40 до 50	От 15 до 25

* Смещение с зенита трубы устанавливается против направления ее вращения, смещение с надира трубы – по или против направления вращения.

Минимальное число наружных слоев шва в зависимости от типоразмера труб приведено в таблице 3.8.

Таблица 3.8 – Минимальное число наружных слоев шва при двухсторонней автоматической сварке под флюсом

Диаметр трубы, мм	Толщина стенки трубы, мм	Минимальное число наружных слоев шва
1020	22	3

Схема двухсторонней автоматической сварки под слоем флюса представлена на рисунке 3.1

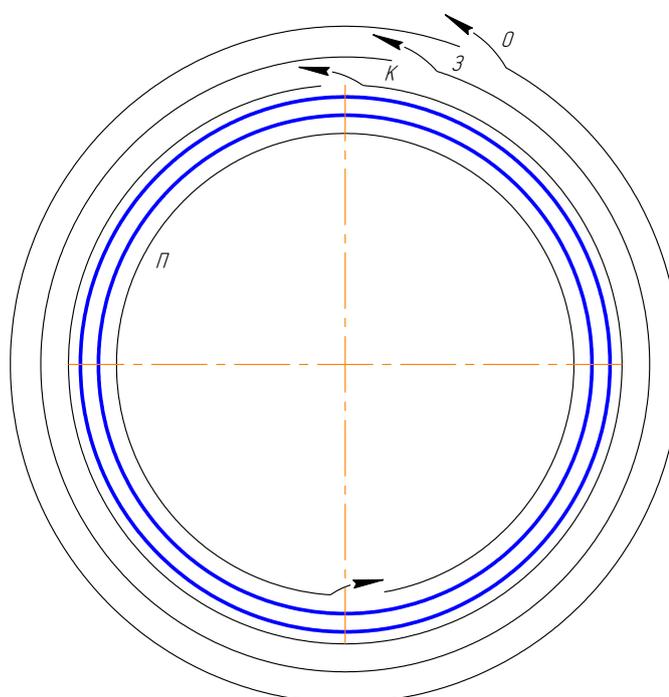


Рисунок 3.1 – Схема двухсторонней автоматической сварки под слоем флюса

Перед сваркой необходимо обработать кромки труб.

Обработку кромок труб производят станками СДК-142А. Функции операторов станков выполняют монтажники наружных трубопроводов 4 рае рада.

Трубы с заводской разделкой кромок с накопителя подают на стенд обработки кромок, при етом перемещением труб управляет один из операторов станков СПК, назначаемый руководителем работ.

Система крепления и перемещения станков на рабочих местах обеспечивает возможность сквозного перемещения труб по линии обработки кромок. У первой трубы обрабатываются обе кромки, у второй – левая кромка, а у третьей - правая.

Сборка и двусторонняя автоматическая сварка труб в трехтрубную секцию производится на втором стенде БГС-142В.

На первом этапе осуществляется сборка и сварка двухтрубной секции.

Обработанная первая труба передается по рольгангу продольного перемещения в конец стенда обработки торцов и оттуда через промежуточный накопитель перемещается на стенд двусторонней автоматической сварки, где продольным перемещением устанавливается правым торцом между зажимными башмаками центратора.

Вторая труба подается на стенд автоматической сварки аналогичным путем, но устанавливается между зажимными башмаками центратора своим левым торцом.

Сборка стыков труб выполняется без зазора.

На отдельных участках стыка длиной до 100 мм зазор допускается не более 0,8-1,0 мм.

Сборку необходимо выполнять с помощью одной прихватки на режимах сварки первого наружного слоя шва. Длина прихватки должна быть не менее 200 мм.

Непосредственно перед прихваткой и сваркой производится просушка кольцевыми нагревателями торцов труб и прилегающих к ним участков шириной не менее 150 мм.

Просушка торцов труб с нагревом до температуры 20-50 °С обязательна:

- при наличии влаги на трубах независимо от прочности основного металла;
- при температуре окружающего воздуха ниже +5 °С в случае сварки труб с нормативным временным сопротивлением разрыву 539 МПа (55 кгс/мм²) и выше.

На втором стыке осуществляют сборку и сварку второго стыка трехтрубной секции.

Готовая двухтрубная секция по рольгангу перемещается вправо, в конец стенда сборки и сварки, и на этот же стенд подается третья труба так, чтобы она наехала на штангу, а обработанный правый торец трубы разместился между зажимными башмаками центра тора.

Отведенная вправо двухтрубная секция перемещается влево до соприкосновения с зажатой центратором трубой, после чего выполняется сборка и сварка второго стыка трехтрубной секции.

3.3 Выбор основного оборудования

Основываясь на проведенном обзоре литературы выберем сварочное оборудование для автоматической двухсторонней сварки под слоем флюса. Выберем трубосварочную базу БТС-142В российского ООО «Алькор», которая входит в реестр оборудования «Транснефть».

Трубосварочная база БТС-142В предназначена для сборки и двухсторонней автоматической сварки под слоем флюса стыков труб в полевых условиях на строительстве трубопроводов. Предусмотрена возможность сварки двух- и трехтрубных секций, в том числе из предварительно изолированных труб.

Технические характеристики и описание трубосварочной базы БТС-142В представлены в таблице 3.10.

Таблица 3.10 – Технические характеристики и описание трубосварочной базы БТС-142В [24]

Параметры	Значение
Диаметр свариваемых труб, мм	1020, 1220, 1420
Длина свариваемых труб, м	8 – 12
Длина свариваемых секций, м	16 – 40
Масса свариваемых секций, тн	До 30
Производительность при сварке труб диаметром 1420x18 мм, стык/час, не менее	3 - 4
Установленная мощность, кВт: - линия обработки торцев; - линия сборки и сварки	69 347
Одновременно потребляемая мощность, кВт: - линия обработки торцев; - линия сборки и сварки	50 213
Габаритные размеры, мм - длина; - ширина; - высота	65000 27000 5500
Масса базы, кг	115000

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 входящий в комплект БТС-142В.

3.5 Выбор методов контроля, регламент, оборудование

3.5.1 Визуальный и измерительный контроль

ВИК сварных соединений трубопроводов должен выполняться в соответствии с требованиями ГОСТ РЕН 13018-80 «Контроль визуальный», ГОСТ 8.05-81 «Государственная система обеспечения единства измерений. Погрешности, допускаемые при измерении линейных размеров до 500 мм».

ВИК должен выполняться до проведения НК сварного соединения другими методами.

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:

- 20 мм, но не менее толщины стенки свариваемых деталей, при НК при сооружении, реконструкции и капитальном ремонте трубопроводов;
- не менее четырех толщин стенок свариваемых деталей при НК в процессе выборочного ремонта и ДДК трубопроводов, находящихся в эксплуатации или режиме консервации.

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 [25].

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).

Примечание – 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.

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).

ВИК проводят в соответствии с операционной технологической картой.

Перед началом контроля специалист, осуществляющий контроль, должен:

- 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 ТД).

В выполненном сварном соединении визуально следует контролировать:

- 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, непроваров, брызг расплавленного металла, незаваренных кратеров; прижогов 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).

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.

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:

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

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 [25].

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 [25].

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.

3.5.2 Радиографический контроль

РК сварных соединений трубопроводов (и их участков после ремонта сваркой) должен выполняться в соответствии с требованиями ГОСТ 7512-72.

РК в соответствии с требованиями настоящего документа могут быть подвергнуты сварные соединения трубопроводов наружным диаметром до 1220 мм включительно и с номинальной толщиной стенки до 50 мм включительно.

При проведении РК контролируемая зона сварного соединения должна включать не только изображения сварного шва, но и прилегающую к нему околошовную зону 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.

Требования к средствам РК.

При РК следует использовать оборудование, материалы и приспособления в соответствии с требованиями настоящего документа и ОР-91.200.00-КТН-284-09. Средства измерений следует применять исправные, поверенные или откалиброванные в установленном порядке.

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.

Область применения РК с использованием:

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

$$P = 7 \cdot S + 100, \quad (3.2)$$

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.

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.

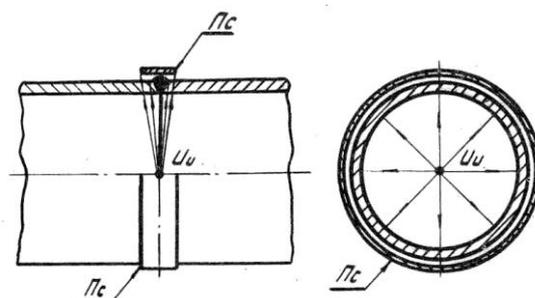


Рисунок 3.2 – Схема панорамного просвечивания изнутри трубы за одну установку источника излучения Ии – источники излучения, расположенные изнутри; Пс – пленки (пластины), расположенные снаружи

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.

Технологии цифровой радиографии и запоминающих пластин применяются при условии обеспечения чувствительности контроля не ниже требуемой настоящим документом. Основные положения данной технологии – в соответствии с приложением Ж настоящего документа [25].

Для определения чувствительности РК следует использовать проволочные и канавочные эталоны чувствительности по ГОСТ 7512. Допускается использование проволочных эталонов чувствительности по ISO 19232-1 [26], приведенные в приложении Н настоящего документа.

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

Результаты контроля оформляются в соответствии с разделом 7 [25].

3.5.3 Ультразвуковой контроль

УЗК сварных соединений трубопроводов должен выполняться в соответствии с требованиями ГОСТ 14782.

УЗК могут быть подвергнуты сварные соединения трубопроводов из углеродистых низколегированных сталей наружным диаметром до 1220 мм включительно и с номинальной толщиной стенки от 2 до 40 мм включительно.

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 отдельную схему контроля «стредл» или «дуэт» согласно работе [27].

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 ФАР, ЛНК ПО следует разработать технологию контроля с использованием указанного оборудования, соответствующие технологические инструкции и технологические карты.

Требования к аппаратуре и оборудованию.

Для проведения УЗК необходимо наличие:

- импульсного ультразвукового дефектоскопа;
- контактных ПЭП;
- СО по ГОСТ 14782 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 околошовной 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 3.11.

Кроме совмещенной и раздельно-совмещенной схем включения, применение которых оговорено требованиями таблицы 3.17 (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 14782 или другие (например, образцы МИС V1 и V2).

Таблица 3.11 – Параметры ПЭП

№ п/п	Номинальный наружный диаметр трубы DN	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	1020	22	С	2,5	12,0	$(65\pm 2)^\circ$	12

*Значение без скобок – при контроле нижней части шва прямым лучом, в скобках – верхней части шва однократно отраженным лучом.

Примечания

1 Конструкция ПЭП обозначена:

- «РС» – раздельно-совмещенный, наклонный;
- «С» – совмещенный, наклонный.

2 Для раздельно-совмещенных ПЭП «хордового» типа значения угла ввода и стрелы искателя не регламентируются и определяются конструкцией ПЭП.

3 При наличии пьезопреобразователей, стандартные значения рабочей частоты и углов ввода которых отличаются от указанных в таблице, выбирают преобразователи с ближайшими большими значениями.

4 При проведении контроля соблюдают условие прозвучивания акустической осью ПЭП центра шва прямым лучом.

Для настройки дефектоскопа перед проведением контроля сварного соединения конкретного типа и оценки измеряемых характеристик дефектов следует применять СОП с искусственными отражателями по ГОСТ 14782. Вид и размеры искусственных отражателей в зависимости от диаметра и толщины стенки труб контролируемого соединения определяют из таблицы 3.12.

Таблица 3.12 – 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	1020	22	Рисунок 8.11 [25]	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 $D \geq 530$ мм допускается применять СОП с плоской поверхностью. Материал СОП должен быть идентичен по акустическим свойствам (скорости, затуханию) материалу контролируемых труб.

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:

- сведения о конструктивных параметрах образца и материале, из которого он изготовлен (см 8.5.7.6 настоящего документа [25]);
- вид и размеры искусственных отражателей;
- результаты переаттестации;
- условия хранения.

Подготовка к проведению контроля.

Перед началом контроля специалист, осуществляющий контроль, должен:

- выполнить требования 8.1.10.3 [25];
- ознакомиться с результатами предшествующего контроля;

- убедиться в отсутствии недопустимых наружных дефектов.

Перед проведением контроля следует произвести подготовку сварного соединения к контролю:

- обеспечить доступ к сварному соединению для беспрепятственного сканирования околошовной зоны;
- очистить околошовную 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 околошовной 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:

$$2 \cdot S \cdot \operatorname{tg} \alpha + 3TB + n_1, \quad (3.3)$$

где S – толщина стенки;

α – угол ввода ультразвука в металл;

ЗТВ – зона термического влияния, подвергаемая УЗК;

n_1 – длина ПЭП.

Для контроля применяется комплекс автоматизированного неразрушающего контроля «УНИСКАН МТ» [28].

Комплекс «УНИСКАН МТ» позволяет проконтролировать сварные соединения тремя методами контроля – ВИК, 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:

- система автоматизированного ультразвукового контроля "УНИСКАН МТ-УЗК";
- система автоматизированного цифрового рентгеновского контроля

"УНИСКАН МТ-ЦР";

- модуль автоматизированного цифрового визуально-измерительного контроля "ВИЗИО МТ".

Единый комплекс, позволяющий проконтролировать сварные соединения тремя методами неразрушающего контроля – ВИК, АУЗК, цифровой радиографией – с привязкой к географической координате расположения объекта контроля.

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":

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.

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.

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.

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 западений 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 2-2.4-083-2006, РД 25.160.10-КТН-016-15 или другого стандарта). Встроенная функция защиты сохраненных данных обеспечивает отсутствие намеренных или случайных искажений от пользователей [28].

3.6 Разработка технической 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, подъемно-транспортных устройств, механизации сборочных процессов [29].

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 [29]:

- 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 поворотного 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 [30]:

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

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

L – длина сварного шва по чертежу;

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

Неполное штучно-калькуляционное время на 1 метр шва:

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

где, T_o – основное время сварки;

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

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

Время сварки для 1 метра шва.

$$T_o = \frac{60}{50} + \frac{60}{60} \cdot 1 + \frac{60}{45} + \frac{60}{50} = 4,73 \text{ мин.}$$

Определим время на сварку кольцевого поворотного стыка труб.

Зачистка кромок $t_1=10$ мин.; подготовка кромок $t_2=30$ мин.; масса трубы (3 шт) $m_1=6758 \cdot 3= 20274$ кг; установка краном на покать приемную $t_3=7,4 \cdot 3=22,2$ мин.; установка центратора и фиксация стыка $t_4= 8$ мин.; установка индукционного подогревателя, термопоясов и подогрев $t_5= 21 \cdot 2=41$ мин.; снятие индукционного подогревателя и термопоясов $t_6= 2,1 \cdot 2=4,2$ мин.; демонтаж центратора $t_7= 3$ мин.

$$1) \quad t_{в.ш} = 10+30+22,2+8+42+4,2+3 = 119,4 \text{ мин.};$$

$$2) \quad T_{н.ш-к} = (119,4+0,75) \cdot \left(1 + \frac{10}{100}\right) = 6,03 \text{ мин.};$$

$$3) \quad T_{ш} = 6,03 \cdot 6,409 + 119,4 = 158,06 \text{ мин.}$$

3.8 Материальное нормирование

3.8.1 Расход сварочной проволоки

Расчет расхода сварочной проволоки [20]:

$$M_{ЭП} = K_{р.п.} \cdot (1 + \psi_p) \cdot M_{НО}, \quad (3.7)$$

где $K_{р.п.}$ – коэффициент расхода проволоки, учитывающий потери её при наладке сварочного аппарата, $K_{р.п.} = 1,02 \dots 1,03$; принимаем $K_{р.п.} = 1,02$ [20];

ψ_p – коэффициент потерь на разбрызгивание, зависящий от способа сварки, $\psi_p = 0,01 \dots 0,15$, принимаем $\psi_p = 0$ [20];

$M_{н.о.}$ – масса наплавленного металла;

$$M_{ЭП} = 1,02 \cdot (1 + 0) \cdot 11,133 = 11,356 \text{ кг.}$$

3.8.2 Расход сварочного флюса

Расход сварочного флюса можно определить через расход сварочной проволоки по формуле [20]:

$$M_{\phi} = K_{р.ф.} \cdot M_{ЭП}, \quad (3.8)$$

где $K_{р.ф.}$ – коэффициент расхода флюса, $K_{р.ф.} = 1,1 \dots 1,3$; принимаем $K_{р.ф.} = 1,2$.

$$M_{\phi} = 1,2 \cdot 11,356 = 13,627 \text{ кг.}$$

3.8.3 Расход электроэнергии

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

- расход дизельного топлива, потребляемого генератором:

$$C_{мон} = t_{дг} \cdot M_{мон} \cdot Ц_{мон}, \text{ руб.}, \quad (3.9)$$

где $t_{дг}$ – продолжительность работы дизельного генератора во время сварки двух стыков, при нагрузке 70%, $t_{дг} = 2,634$ ч;

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

$\Pi_{\text{топ}}=45$ руб/л – цена дизельного топлива;

$$C_{\text{топ}}=2,634 \cdot 34 \cdot 45 = 4030 \text{ руб},$$

- расход масла:

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

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

$\Pi_{\text{мас}}=70$ руб/л – цена масла.

$$C_{\text{мас}}=2,634 \cdot 0,07 \cdot 70 = 12,91 \text{ руб},$$

Затраты на электроэнергию составят: $Z_{\text{мэ}} = 4030 + 12,91 = 4043,91 \text{ руб}.$

4 Конструкторский раздел

4.1 Выбор сборочно-сварочной оснастки

При сборке-сварке труб в плетъ используется трубосварочная база БТС-142В [24]. В комплект базы входит внутренний центратор с функцией сварки. Так же в конструкцию базы БТС-142В входят роликовые опоры, покати, ролики продольного перемещения, станок подготовки кромок, упоры и центратор внутренний для БТС-142В «ЦВ 1020». Центратор служит для фиксации свариваемых кромок и обеспечения соосности труб.

Центратор внутренний гидравлический типа ВЦБ с двумя центрирующими рядами предназначен для центрирования торцов секций и отдельных труб диаметром от 1000 до 1020 мм при поворотной сварке на трубосварочных базах. Центратор является гидравлической машиной с автономным приводом. Питание электродвигателя насоса гидропривода осуществляется сварочным источником питания [31]. Внешний вид центратора ЦВ 1020 представлены на рисунке 4.1.



Рисунок 4.1 – Внешний вид центратора ЦВ 1020

Технические данные центратора ЦВ 1020 представлены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Технические данные центратора ЦВ 1020 [31]

Параметр	Значение
Диаметр труб	1067, 1020 мм;
Толщина стенок	10-35 мм;
Количество жимков в одном центрирующем ряду	16 шт;
Расстояние между осями центрирующих рядов	120 мм;
Суммарное усилие, развиваемое одним центрирующим рядом	8000 кН (80 тс);
Время разжатия одного центрирующего ряда	18 с;
Привод центратора	электрогидравлический (электродвигатель Д-4500, с насосом 465К, 465МТВ);
Рабочее давление в гидросистеме	15 МПа (150 кг/см ²);
Заправочный объём гидравлической системы	15 л;
Масса	1800 кг.

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 [32]:

- 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 [32]:

- первый – нанесение минимального ущерба окружающей природной среде (экологический принцип);

- второй – подготовка полос работы сварочно-монтажных бригад и изоляционно-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 балластировки (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;

- 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 трубопроводов.

План участка показан в приложении В.

5.2 Расчет основных элементов производства

К основным элементам производства относятся рабочие, ИТР, контролеры, оборудование, материалы и энергетические затраты [30].

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.;

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

где, N – годовая программа выпуска продукции, $N = 1290$ шт.;

T – длительность одной операции, мин.

$$T_r = 1290 \cdot \frac{158,06}{60} = 3398 \text{ ч.},$$

Φ_H – номинальный фонд рабочего времени в две смены равен 3628 часа, найдем действительный отняв от номинального процент потерь времени:

$$\Phi_d = \Phi_H - 5\% = 3628 - 5\% = 3447 \text{ ч.},$$

$$n_p = \frac{3398}{3447} = 0,986,$$

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

Найдем коэффициент загрузки оборудования:

$$K_3 = \frac{n_p}{n_p'} = \frac{0,983}{1} = 0,983.$$

5.2.2 Определение состава и численности рабочих

Бригада по сварке секций труб на БТС-142В состоит из 3-х человек, в том числе [24]:

- электросварщик-оператор 2 чел.
- помощник сварщика 1 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 [36]:

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

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 поворотных кольцевых стыковых соединений труб в качестве способа сварки предложена двухсторонняя автоматическая сварка под слоем флюса, Сварка корневого, заполняющих и облицовочного слоя швов выполняется проволокой EN756-S2Si diam. 4,0 мм. Для защиты сварочной дуги применяется флюс EN 760-SA AB 1 67 AC H5. Автоматическая сварка выполняется на основе трубосварочной базы БТС-142В российского ООО «Алькор».

Проведем технико-экономический анализ разработанного технологического процесса изготовления поворотных кольцевых стыковых соединений труб. Расчеты будем проводить для трубы диаметром 1020 мм, толщиной стенки 22 мм. Длина сварного шва одного стыка 6,409 м. Расчетный производственный цикл сварки и контроля включает 1 этап (единица изделия): изготовление двух стыков труб.

6.2.1 Расчет капитальных вложений в производственные фонды

При расчете приведенных затрат капитальные вложения определяют, как сумму следующих расходов [32]:

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

где K_o – стоимость сварочного оборудования;

K_n – стоимость приспособлений;

$K_{n.o.}$ – 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 [32]:

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

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 01.01.2021 (смотри таблицу 6.1).

Таблица 6.1 – Оптовые цены на сварочное оборудование [33]

Наименование оборудования		Ц _о , руб
Трубосварочная база БТС-142В	1 шт.	10000000

$$K_{co} = 10000000 \times 6 \times 0,986 = 98600000 \text{ руб} \times \text{год}.$$

Капитальные вложения в сварочное оборудование приведены в таблице 6.2.

Таблица 6.2 – Капитальные вложения в сварочное оборудование

Наименование оборудования		К _{со} , руб. · год
Трубосварочная база БТС-142В	1 шт.	98600000
Итого		98600000

6.2.1.2 Капитальные вложения в подъемно-транспортное оборудование

Капитальные вложения в Автокран КС-55727-Н-12 [34] грузоподъемностью $Q = 25$ т. определяют по формуле:

$$K_{n.o.} = C_{п.о.} \cdot n_{п.о.}, \quad (6.4)$$

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

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

$$K_{n.o.} = 7950000 \cdot 1 = 7950000 \text{ руб.}$$

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:

$$C = N_z \cdot (C_m + C_{с.м.} + C_{зп.сд.} + C_{э.с.} + C_{об}), \quad (6.5)$$

где C_m – 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 трубы

Затраты на металл, идущий на изготовление изделия определяем по формуле [32]:

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

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

C_M – средняя оптовая цена стали 17ГС, на 01.01.2021, руб./кг:

- для стали 17Г1С $C_M=60,7$ руб./кг, при $m_M=20274$ кг;

$k_{т.з.}$ – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы при приобретении материалов $k_{т.з.}=1,04$ [32].

$$C_M = 1,04 \cdot (20274 \cdot 60,7) = 1279857,07 \text{ руб/изд.}$$

6.2.2.2 Определение затрат на сварочные материалы

Затраты на электродную проволоку определяем по формуле [32]:

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

где G_d – масса наплавленного металла электродной проволоки и электродов, кг:
 $G_d = 11,133$ кг – для проволоки *EN756-S2Si* для разработанного технологического процесса;

k_{nd} – коэффициент, учитывающий расход сварочной проволоки (электрода) [20], $k_{п.с.} = 1,02$;

ψ_p – коэффициент потерь на разбрызгивание, зависящий от способа сварки [20], $\psi_p = 1,01 \dots 1,15$, принимаем $\psi_p = 1,0$;

$C_{п.с.} = 250$ – стоимость сварочной проволоки *EN756-S2Si*, руб/кг на 01.01.2021.

$$C_{н.с.предл.} = (11,133 \cdot 250) \cdot 1,02 \cdot 1,0 = 2838,91 \text{ руб.}$$

Расход сварочного флюса можно определить через расход сварочной проволоки по формуле [20]:

$$M_{\phi} = K_{p,\phi} \times M_{\text{эп}}, \quad (6.8)$$

где $K_{p,\phi}$ - коэффициент расхода флюса, $K_{p,\phi} = 1,1 \dots 1,3$; принимаем $K_{p,\phi} = 1,2$.

$$M_{\phi} = 1,2 \cdot 11,356 = 13,627 \text{ кг.}$$

Затраты на сварочный флюс [19]:

$$C_{\phi} = M_{\phi} \times Ц_{\phi}, \quad (6.9)$$

где $Ц_{\phi}$ – цена на флюс EN 760-SA AB 1 67 AC H5, $Ц_{\phi} = 150$ руб;

$$C_{\phi} = 13,627 \times 150 = 2064,06 \text{ руб.}$$

6.2.2.3 Определение затрат на заработную плату

Затраты на заработную плату производственных рабочих рассчитываем по формуле:

$$C_3 = t_k \cdot ЧТС \cdot K_{\text{доп}} \cdot K_{\text{д.з.}} \cdot K_c \quad (6.10)$$

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

ЧТС – часовая тарифная ставка на 01.01.2021, руб/ч., ЧТС – 74,85 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.

$$C_3 = 2,634 \cdot 74,85 \cdot 1,4 \cdot 1,2 \cdot 1,3 = 559,82 \text{ руб/изд.}$$

6.2.2.4 Определение затрат на силовую электроэнергию

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

- расход дизельного топлива, потребляемого генератором:

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

где $t_{дг}$ – продолжительность работы дизельного генератора во время сварки двух стыков, при нагрузке 70%, $t_{дг}=2,634$ ч;

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

$Ц_{топ}=45$ руб/л – цена дизельного топлива;

$$C_{mon} = 2,634 \cdot 34 \cdot 45 = 4030 \text{ руб,}$$

- расход масла:

$$C_{мас} = t_{дг} \cdot M_{мас} \cdot Ц_{мас}, \text{ руб,} \quad (6.12)$$

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

$Ц_{мас}=70$ руб/л – цена масла.

$$C_{мас} = 2,634 \cdot 0,07 \cdot 70 = 12,91 \text{ руб,}$$

Затраты на электроэнергию составят: $Z_{mэ} = 4030 + 12,91 = 4043,91$ 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:

$$C_{об} = \frac{K_O \cdot n_o}{T_O \cdot N_z} + \frac{K_{II} \cdot n_n}{T_{II} \cdot N_z} + \frac{K_{II.O} \cdot n_{n.o}}{T_{II.O} \cdot N_z}, \quad (6.13)$$

где K_O – стоимость основного сварочного оборудования;

T_O – срок службы основного сварочного оборудования, $T_O = 5$ лет;

K_{II} – стоимость приспособлений;

T_{II} – срок службы приспособлений, $T_{II} = 5$ лет

$K_{II.O}$ – стоимость подъемно-транспортного оборудования;

$T_{II.O}$ – срок службы подъемно-транспортного оборудования, $T_{II.O} = 20$ лет [35].

$$C_{об} = \frac{(10000000) \cdot 1}{5 \cdot 1290} + \frac{0 \cdot 0}{5 \cdot 1290} + \frac{7950000 \cdot 1}{20 \cdot 1290} = 15813,02 \text{ руб.}$$

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:

$$C_{рво} = \frac{(K_O \cdot n_o + K_{II} \cdot n_n + K_{II.O} \cdot n_{n.o}) \cdot k_{рво}}{N_z}, \quad (6.14)$$

где $k_{рво}$ – коэффициент ремонта и обслуживания принимается в размере 3% от стоимости оборудования.

$$C_{рво} = \frac{[(10000000) \cdot 1 + 0 \cdot 0 + 7950000 \cdot 1] \cdot 0,03}{1290} = 2510,47 \text{ руб.}$$

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	1279857,07
2	Затраты на сварочные материалы	
2.1	Затраты на электроды	-
2.2	Затраты на сварочную проволоку	2838,91
2.3	Затраты на защитный газ	-
2.4	Стоимость флюса	2064,06
3	Заработная плата	
3.1	Основная и дополнительная заработная плата производственных рабочих с отчислениями на социальное страхование	559,82
4	Затраты на электроэнергию	4043,91
5	Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования	
5.1	Амортизационные отчисления	15812,02
5.2	Затраты на текущий ремонт и обслуживание	2510,47
ИТОГО технологическая себестоимость:		1307686,25

6.3 Расчет технико-экономической эффективности

Определим себестоимость продукции:

$$C = 1290 \cdot (1279857,07 + 2838,91 + 2064,06 + 559,82 + 4043,91 + 15812,02 + 2510,47) = \\ = 1686915268.5406406 \text{ руб/изд. год,}$$

Определим капитальные вложения:

$$K = 98600000 + 7950000 = 1065500008 \text{ руб/изд. год,}$$

Определим количество приведенных затрат:

$$Z_{п}^2 = 1686915268.5406406 + 0,15 \cdot 1065500008 = 1702897768,54 \text{ руб/изд. год.}$$

6.4 Основные технико-экономические показатели участка

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.	1290
2	Трудоёмкость изготовления одного изделия, час	2,63
3	Количество оборудования, шт.	1
4	Количество производственных рабочих, чел	3
5	Норма расхода материала, кг	20274
6	Количество приведенных затрат, (руб./изд.)·год	1702897768,54
7	Себестоимость одного изделия, руб	1307686,25

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, флюс, зарплату рабочим, расходы на электроэнергию, амортизацию и ремонт оборудования и приспособлений, в ходе чего мы получили следующие цифры:

- капитальные вложения 1065500008 руб;
- себестоимость продукции 1686915268.5406406 руб.

В результате проведенных расчетов было определено количество приведенных затрат 1702897768,54 руб/изд. год.

7 Социальная ответственность

7.1 Описание рабочего места

В данной выпускной квалификационной работе производится сварка и контроль качества поворотных кольцевых стыковых соединений труб. По разработанному технологическому процессу производится механизированная сварка сплошной проолокой под слоем флюса. Для сварки труб применяется трубосварочная база БТС-142В [24]. В качестве контролирующих методов используются: визуально-измерительный контроль; метод неразрушающего радиографического контроля; ультразвуковой контроль. Для проведения контроля используется Комплекс автоматизированного неразрушающего контроля УНИСКАН МТ [28].

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 [36]:

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

2. Производственный шум.

Источниками шума при производстве сварных конструкций являются:

- сварочное оборудование трубосварочной базы БТС-142В;
- 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 [37].

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.

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.

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, исключаящие 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 навыпуск [38].

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 [39]:

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

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

l_{T} - длина трубы, мм; $l_{\text{T}} = 2000$ мм;

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

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

Определяем требуемое число заземлителей по формуле:

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

где R_3 - требуемое сопротивление осуществляемого заземления, Ом, $R_3 = 5$ 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 [31]:

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

где a – расстояние между заземлениями, см;

$$\begin{aligned} a &= 2 \cdot l_{mp} = 2 \cdot 2 = 4 \text{ см.} \\ l_n &= 1,05 \cdot 4 \cdot (4-1) = 13 \text{ м.} \end{aligned} \quad (7.5)$$

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

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

$$R_C = \frac{R_{TP} \cdot R_{\Pi}}{R_{TP} \cdot h_{\Pi} + R_{\Pi} \cdot \eta_{\Theta} \cdot n}, \quad (7.6)$$

где R_{TP} – 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, $h_{\Pi} = 0,7$.

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

В результате проведённых расчётов получаем, что система заземления состоит из четырёх труб, вертикально вбитых в землю диаметром 50 мм и длиной 2 метра. Сопротивление одиночного заземлителя равно 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.

В настоящее время существует два основных направления ликвидации вероятности возникновения и последствий ЧС на промышленных объектах.

Первое направление заключается в разработке технических и организационных мероприятий, уменьшающих вероятность реализации опасного поражающего потенциала современных технических систем. Второе направление заключается в подготовке объекта, обслуживающего персонала, служб ГО и населения к действиям в условиях ЧС.

ЧС военного времени. Особенности опасностей (чрезвычайных ситуаций) военного времени:

- они планируются, подготавливаются и реализуются человеком, его разумом и поэтому имеют более сложный и изощрённый характер, чем природные и техногенные опасности;
- в реализации опасностей военного времени меньше стихийного и случайного; оружие применяется, как правило, в самый неподходящий момент для жертвы агрессии и в самом уязвимом для неё месте;
- развитие средств поражения всегда опережает развитие адекватных средств защиты;
- для создания средств поражения всегда используются последние научные достижения, привлекаются лучшие научные силы, лучшая научно-производственная база; всё это ведёт к тому, что от некоторых средств нападения практически невозможно найти средств и методов защиты (например, ракетно-ядерное оружие);

- современные и будущие войны всё чаще носят террористический, антинациональный характер; мирное население воюющих стран превращается в один из объектов вооружённого воздействия с целью подрыва воли и способности противника оказывать сопротивление.

Основные принципы защиты населения при ЧС мирного и военного времени:

- обучение всех групп населения правилам поведения и основным способам защиты от ЧС, приёмам оказания первой медицинской помощи пострадавшим, правилам пользования средствами коллективной и индивидуальной защиты;

- обучение руководителей всех уровней управления действиям по защите населения от ЧС;

- выработка у руководителей и специалистов в области защиты от ЧС навыков по подготовке и управлению силами и средствами, входящими в единую государственную систему предупреждения и ликвидации ЧС;

- практическое усвоение работниками в составе сил РСЧС своих обязанностей при действиях в ЧС.

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

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

К основным способам защиты населения в ЧС относятся:

- укрытие населения в защитных сооружениях (средства коллективной защиты);

- использование средств индивидуальной защиты и медицинской защиты;

- рассредоточение и эвакуация населения из опасных зон.

Рабочие места обеспечиваются следующими средствами тушения пожара:

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

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

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

В ВКР представлен рациональный выбор способа сварки, произведен выбор режимов сварки. В работе предложено использовать для двухсторонней автоматической сварки под флюсом трубосварочную базу БТС-142В. Представлены методы контроля качества кольцевых сварных соединений тремя методами.

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

Приведен технико-экономический анализ разработанного технологического процесса изготовления поворотных кольцевых стыковых соединений труб.

Количество приведенных затрат составило 1702897768,54 руб/изд.

Библиография

1. 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
2. Винокуров В.А. Теория сварочных деформаций и напряжений / В.А. Винокуров, А.Г. Григорьянц. - М.: Машиностроение, 1984. - 284 с.
3. Прохоров, Н.Н. Физические процессы металлов при сварке / Н.Н. Прохоров. - М.: Металлургия, 1976. - Т. 2. - 600 с.
4. Рыкалин, Н.Н. Расчеты тепловых процессов при сварке / Н.Н. Рыкалин. - М.: Машгиз, 1951. - 296 с.
5. Шоршоров. М.Х. Металловедение сварки стали и сплавов титана / М.Х. Шоршоров. - М.: Наука, 1965. - 336 с.
6. Ueda, Y. Welding deformation and residual stress prevention / Y. Ueda, H. Murakawa, N. Ma. Kidlington, Oxford: Butterworth-Heinemann, 2012. - 292 p.
7. 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
8. СТО Газпром 2-2.4-083–2006. Инструкция по неразрушающим методам контроля качества сварных соединений при строительстве и ремонте промышленных и магистральных газопроводов [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://znaytovar.ru/gost/2/STO_Gazprom_2240832006_Instruk.html
9. СТО Газпром 2-2.4-917–2014. Инструкция по радиографическому контролю качества сварных соединений при строительстве и ремонте промышленных 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

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

11. 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.

12. [Pepe N.](#), [Yapp D.](#) High productivity of welding of CRA pipes. 2nd South East European IIW International Congress. Sofia. Bulgaria. 2010.

13. Кокоулин Н.А., Деревянных А.Ю., Баяндин М.А., Дударев С.П., Лялин А.Н., Каратыш В.В. / Технологические особенности автоматической сварки под слоем флюса кольцевых и продольных швов сборочных единиц из стали с толщиной свариваемых кромок от 4 до 60 мм // Вестник Перм. нац. исслед., политехн., ун-та. Машиностроение, материаловедение. – 2012. – Т. 14, № 3. – С. 68-76.

14. Деревянных А.Ю., Кокоулин Н.А., Бородулин А.А., Баяндин М.А., Дударев С.Е., Каратыш В.В. / Внедрение технологии автоматической сварки под слоем флюса кольцевых и продольных швов сборочных единиц из сталей с толщиной свариваемых кромок от 45 до 70 мм // Вестник Перм. нац. исслед., политехн., ун-та. Машиностроение, материаловедение. – 2013. – Т. 13, № 1. – С. 76-81.

15. Двухсторонняя автоматическая сварка под флюсом [Электронный ресурс] – режим доступа к ст.: [Двухсторонняя автоматическая сварка под флюсом - Морской флот \(morflot.su\)](#)

16. РД-25.160.00-КТН-011-10 Сварка при строительстве и ремонте магистральных нефтепроводов (с изменением №1 от 29.07.2010 года).

17. РД-19.100.00-КТН-001-10 Неразрушающий контроль сварных соединений при строительстве и ремонте магистральных трубопроводов.

18. Сталь 17Г1С (17Г1С-У) конструкционная низколегированная кремнемарганцовистая [Электронный ресурс] – режим доступа к ст.:

<https://mmetallurg.ru/marochnik-stali/konstrukcionnaya/uglerodistaya-obyiknovennaya/17g1s/?yclid=2425408227435117102>

19. Кисаримов Р.А. Справочник сварщика. – М.: ИП РадиоСофт, 2007 – 288 с.

20. Васильев В.И., Ильященко Д.П. Разработка этапов технологии при дуговой сварки плавлением – Издательство ТПУ, 2008г. - 96 с.

21. Гривняк И. Свариваемость сталей: Пер. со словац. Л.С.Гончаренко; под ред. Э.Л. Макарова.-М.: Машиностроение,1984. - 216 с.

22. AS S2 Si (Св-08ГС) [Электронный ресурс] – режим доступа к ст.: [AS S2 Si Св 08ГС Сварочная проволока импортная \(svarmet.ru\)](#)

23. Флюс ESAB ОК Flux 10.71 (СВЭЛ) [Электронный ресурс] – режим доступа к ст.: <https://yurga.tiu.ru/p350751175-flyus-esab-flux.html>

24. Трубосварочная база БТС-142В (Россия) [Электронный ресурс] – режим доступа к ст.: [Компания Алькор - Трубосварочная база БТС-142В \(Россия\) \(alkor-pipe.ru\)](#)

25. РД-19.100.00-КТН-001-10 Магистральный трубопроводный транспорт нефти и нефтепродуктов. Неразрушающий контроль сварных соединений при строительстве и ремонте магистральных трубопроводов

26. ISO 19232-1:2013 Non-destructive testing – Image quality of radiographs – Determination of the image quality value using wire-type image quality indicators (Контроль неразрушающий. Качество изображения на рентгеновских снимках. Часть 1. Определение значения качества изображения с использованием показателей качества изображения проволоочного типа)

27. Крауткремер Й, Крауткремер Й. Ультразвуковой контроль материалов. М.: Металлургия, 1991. 752 с.

28. 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. \(geo-ndt.ru\)](#)

29. 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.
30. Ахумов В.А. Справочник нормировщика. М.: Машиностроение, 1986. 240 с.
31. Центратор внутренний для БТС-142В «ЦВ 1020» [Электронный ресурс] – режим доступа к ст.: [Нефтегазстройтехника \(ngst.su\)](http://ngst.su)
32. СН 452-73. Нормы отвода земель для магистральных трубопроводов.
32. 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
33. Продам трубосварочную базу бтс 142В [Электронный ресурс] – режим доступа к ст.: https://www.avito.ru/yuzhno-sahalinsk/oborudovanie_dlya_biznesa/prodam_trubosvarochnuyu_bazu_bts_142v_1269743830
34. 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_1269743830
35. ГОСТ 27584-88 Краны мостовые и козловые электрические. Общие технические условия.
36. ГОСТ 12.0.0030-74 «ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация (с изменениями по И-Л-Х1-91)».
37. Куликов О.Н. Охрана труда при производстве сварочных работ.: Академия, 2006 – 176 с.
38. Брауде М.З. "Охрана труда при сварке в машиностроении"/ М.: Машиностроение, 1978. – 141 с.

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



Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)
Юргинский технологический институт (филиал) федерального государственного
автономного образовательного учреждения высшего образования
«Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ЮТИ ТПУ)

Направление подготовки 15.01.03 «Машиностроение», профиль «Оборудование и технология сварочного производства»

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ СБОРКИ И СВАРКИ МАГИСТРАЛЬНОГО НЕФТЕПРОВОДА ИЗ ТРУБ ДИАМЕТРОМ 1020 ММ

Автор: студент гр. 3-10А60

Абрамов В.В.

Руководитель:
к.т.н., доцент ЮТИ

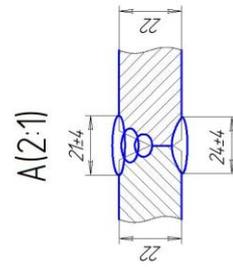
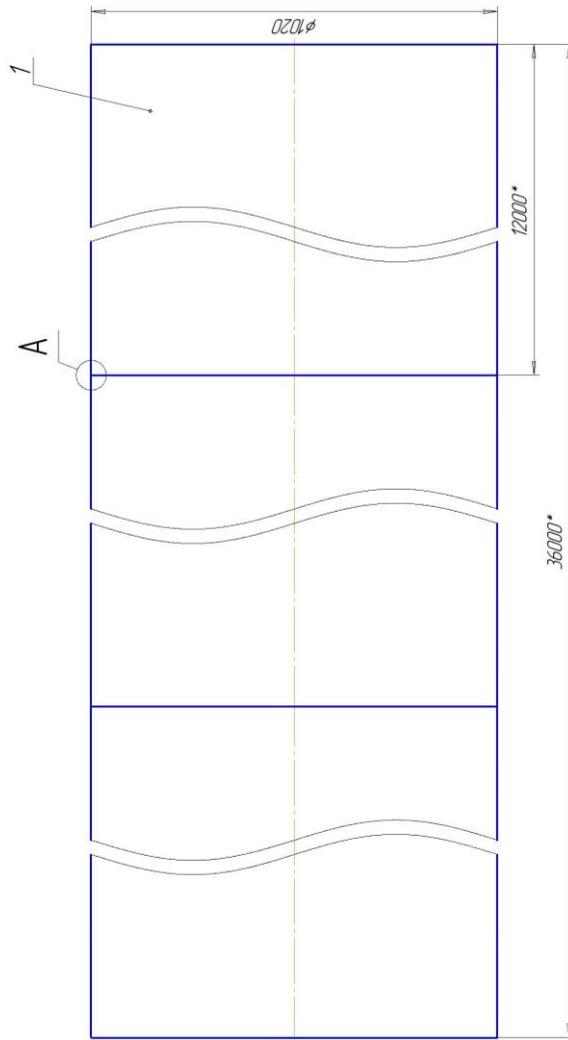
Ильященко Д. П.

г. Юрга 2020 г.

Приложение А
Приложение Б
Приложение В

ПОВОРОТНЫЙ СТЫК

2



Докладчик: Абрамов В.В.

**РЕЖИМЫ СВАРКИ
ПОВОРОТНЫХ КОЛЬЦЕВЫХ СТЫКОВЫХ СВАРНЫХ
СОЕДИНЕНИЙ ТРУБ**

3

Толщина стенки трубы, мм	Диаметр электродной проволоки, мм	Порядковый номер слоя	Сварочный ток, А	Напряжение на дуге, В	Скорость сварки, м/ч.	Смещение (надира) трубы*, мм
Наружная сварка						
От 15,7 до 27,0	4,0	Первый	От 850 до 950	От 42 до 44	От 40 до 50	От 60 до 80
		Последующие	От 900 до 1000	От 44 до 46	От 50 до 60	От 50 до 70
		Облицовочный	От 800 до 900	От 46 до 48	От 40 до 45	От 40 до 60
Внутренняя сварка						
От 15,7 до 27,0	4,0	Первый	От 750 до 850	От 44 до 46	От 40 до 50	От 15 до 25

Докладчик: Абрамов В.В.

Операционная технологическая карта сборки и сварки поворотных стыков труб, выполняемых двухсторонней автоматической сварки

ПОД ФЛЮСОМ

ОБЪЕКТ СТРОИТЕЛЬСТВА		ТИП ТРУБОПРОВОДА		МАТЕРИАЛ		ДИАМЕТР		КИЛОМЕТРАЖ		СТЫКОВЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ		ШИФР КАРТЫ													
		Магистральный нефтепровод		1020 мм						труба + труба		ТН-СЗГ-16-01													
<p>Характеристика труб</p> <table border="1"> <tr> <td>Номер ТУ, ГОСТ, марка стали</td> <td>Диаметр, мм</td> <td>Толщина стенки, мм</td> <td>Класс прочности стали</td> <td>Нормативный предел прочности, МПа</td> <td>Эквивалент углерода, %</td> </tr> <tr> <td>Труба: 171С ТУ 14-1-19276</td> <td>1020</td> <td>22</td> <td>K54</td> <td>510</td> <td>≤ 0,396</td> </tr> </table>														Номер ТУ, ГОСТ, марка стали	Диаметр, мм	Толщина стенки, мм	Класс прочности стали	Нормативный предел прочности, МПа	Эквивалент углерода, %	Труба: 171С ТУ 14-1-19276	1020	22	K54	510	≤ 0,396
Номер ТУ, ГОСТ, марка стали	Диаметр, мм	Толщина стенки, мм	Класс прочности стали	Нормативный предел прочности, МПа	Эквивалент углерода, %																				
Труба: 171С ТУ 14-1-19276	1020	22	K54	510	≤ 0,396																				
<p>Процессы сварки</p> <p>1. Двухсторонняя автоматическая сварка под флюсом (корневой, заподавляющие и обобщорочный швы).</p>																									
<p>Предварительный подогрев</p> <p>Подогрев до 50⁺³⁰ °С при температуре окружающего воздуха ниже 0 °С и/или при наличии влаги на горшках труб. Допускается проведение сопутствующего подогрева с помощью оплоламенных горелок в случае снижения температуры предварительного подогрева непосредственно перед сваркой корневой шва на 10^{+С} ниже регламентированной температуры 50^{+С}.</p>																									
<p>Формы доработки кромок и сепарации шва</p>																									
<p>1. Провалка сплошного сечения марки EN756-S2S; diam. 4 мм ГОСТ 2246 – сварка заподавляющих и обобщорочных швов; 3. Флюс EN 760-SA AB 1 67 AC H5</p>																									
<p>Сварочные материалы</p>																									

Докладчик: Абрамов В.В.

Операционная технологическая карта сборки и сварки поворотных стыков труб, выполняемых двухсторонней автоматической сварки под флюсом

5

Режимы сварки					
8. Режимы двухсторонней сварки поворотных стыков труб					
Диаметр электродной проволоки, мм	Порядковый номер слоя	Сварочный ток, А	Напряжение на дуге, В	Скорость сварки, м/ч	Смещение электрода с зенита трубы, мм
4,0	Первый	От 850 до 950	От 42 до 44	От 40 до 50	От 60 до 80
	Последующие	От 900 до 1000	От 44 до 46	От 50 до 60	От 50 до 70
	Облицовочный	От 800 до 900	От 46 до 48	От 40 до 45	От 40 до 60
Диаметр электродной проволоки, мм	Порядковый номер слоя <td colspan="4" style="text-align: center;">Внутренняя сварка</td>	Внутренняя сварка			
		Сварочный ток, А	Напряжение на дуге, В	Скорость сварки, м/ч	Смещение электрода с зенита трубы, мм
4,0	Первый	От 750 до 850	От 44 до 46	От 40 до 50	От 15 до 25

* Смещение с зенита трубы устанавливается против направления ее вращения, смещение с напиря трубы – по или против направления вращения.

Примечания

- Сварочный ток - постоянный, полярность обратная,
- Вылет проволоки диаметром 4,0 мм от 40 мм до 45 мм;
- Угол наклона электрода «вперед» – до 30°

Дополнительные требования и рекомендации

- Для выполнения сварных соединений следует использовать трубы с оминимальной нормативной толщиной стенки и стандартной заводской раздельной крошкой (толщина слоя = 35,3 град., припускание = 1,8 ± 0,8 мм).
- Сборка производится без прихваток на внутреннем гидравлическом пентраторе.
- Особождать хладки пентратора разрешается после завершения сварки 100% периметра корня слоя шва.
- Сварку всех слоев шва следует производить без перерывов в работе. Интервал времени между завершениями первого наружного и началом сварки внутреннего слоя шва не должен превышать 30 минут при температуре окружающего воздуха выше 0 °С и 10 минут при температуре окружающего воздуха 0 °С и ниже. В случае превышения указанных интервалов, следует обеспечить поддержание температуры на уровне значений не ниже температуры предварительного подогрева вплоть до момента сварки следующего слоя, при невыполнении данного требования стык подлежит вырезке.
- Все стыки, выполняемые одной смесью, к ее окончанию должны быть сварены полностью. Перед завершением сварки данного стыка следует выключить подогрев по режиму предварительного подогрева. При невыполнении указанных требований стык подлежит вырезке.
- Запрещается сброс сварочных секций и их осушение, а также их скатывание (стабилизация) на мокрый грунт или снег до остывания стыка до температуры «плюс» 30 °С в летнее время, и 0°С при отрицательной температуре окружающей среды.
- В случае атмосферных осадков сварочный стык следует укрывать термозащитными пологом до полного остывания стыка.
- При выполнении работ должна быть обеспечена сохранность заводской изоляции труб
- Для шлифовки заделок шва рекомендуется применять малогабаритные шлифмашинки.
- Запрещается приваривать обратный кабель к телу трубы.

Докладчик: Абрамов В.В.

Визуальный и измерительный контроль

ВИК сварных соединений трубопроводов должен выполняться в соответствии с требованиями СТО 9701105632-003-2021. ВИК должен выполняться до проведения НК сварного соединения другими методами.

ВИК сварного соединения выполняется без нарушения целостности контролируемого соединения.

Радиографический контроль

РК сварных соединений трубопроводов (и их участков после ремонта сваркой) должен выполняться в соответствии с требованиями ГОСТ 7512. РК в соответствии с требованиями настоящего документа могут быть подвергнуты сварные соединения трубопроводов наружным диаметром до 1220 мм включительно и с номинальной толщиной стенки до 50 мм включительно.

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.

Ультразвуковой контроль

УЗК сварных соединений трубопроводов должен выполняться в соответствии с требованиями ГОСТ 14782.

УЗК могут быть подвргнуты сварные соединения трубопроводов из углеродистых низколегированных сталей наружным диаметром до 1220 мм включительно и с номинальной толщиной стенки от 2 до 40 мм включительно.

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.

Для контроля применяется комплекс автоматизированного неразрушающего контроля «УНИСКАН МТ».

Комплекс «УНИСКАН МТ» позволяет проконтролировать сварные соединения тремя методами контроля – ВИК, АУЗК, цифровой радиографией – с привязкой к географической координате расположения объекта контроля с выводом цифрового паспорта сварного шва.

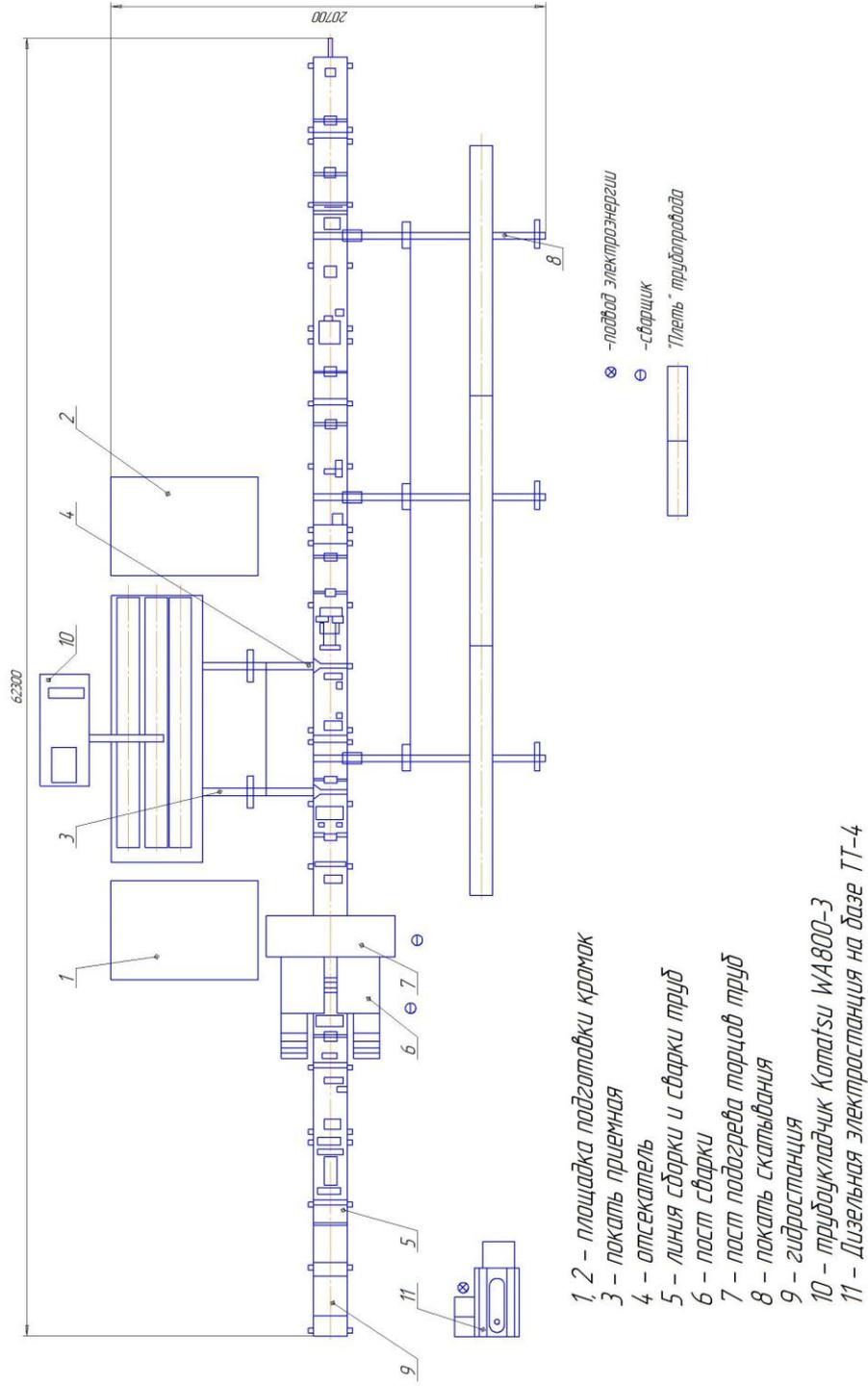
Комплекс автоматизированного неразрушающего контроля кольцевых сварных соединений магистральных трубопроводов "УНИСКАН МТ" включает в себя:

–система автоматизированного ультразвукового контроля "УНИСКАН МТ-УЗК";

–система автоматизированного цифрового рентгеновского контроля "УНИСКАН МТ-ЦР";

–модуль автоматизированного цифрового визуально-измерительного контроля "ВИЗИО МТ".

Единый комплекс, позволяющий проконтролировать сварные соединения тремя методами неразрушающего контроля – ВИК, АУЗК, цифровой радиографией – с привязкой к географической координате расположения объекта контроля.



Докладчик: Абрамов В.В.

НЕГАТИВНЫЕ ФАКТОРЫ СВАРОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА

12

Вредные и травмоопасные факторы сварочного производства	Источники возникновения фактора	Влияние фактора на человека	Защита от негативного фактора
Локальные вибрации	Ручной виброинструмент по зачистке сварных конструкций	Спазмы сосудов, снижение кожной чувствительности, деформирование суставов	Защитные покрытия, виброизолирующие рукавицы, виброзащитные рукоятки инструмента
Акустические колебания: 1. Шум 2. Ультразвук	1. Сварочное оборудование 2. Ультразвуковые дефектоскопы	1. Снижение внимания, уменьшение скорости реакции, нарушение обмена веществ, профзаболевания 2. Нарушения нервной, сердечно-сосудистой, эндокринной систем	1. Звукоизолирующие ограждения, акустические экраны, противозумные наушники и др. 2. Звукоизолирующие кожаные, экраны, виброизолирующие покрытия
Инфракрасное излучение	Нагретый металл	Ожоги	Спецодежда
Электрический ток	Электрооборудование, электропроводка	Ожоги, нарушение состава крови, разрыв тканей, нарушение внутренних биологических процессов	Защитное заземление, зануление, изоляция токопроводов, диэлектрические перчатки, боты, коврики, маты и подставки
Ионизирующие излучения	Гамма-рентгено-дефектоскопия	Злокачественные опухоли, лейкозы, наследственные болезни.	Защитная среда: вода, алюминий, свинец
Электромагнитные поля	Сварочные машины	Нарушения функции ЦНС, дыхательной системы, пищеварительного тракта, раздражительность.	Металлические экраны, проволочные сетки, эластичные пенопласты

Нормативные документы: ГОСТ 12.3.004-75 "ССБТ. Работы электросварочные. Общие требования безопасности"; СНиП III-4-80 "Техника безопасности в строительстве"; "Правила техники безопасности и производственной санитарии при электросварочных работах"; "Санитарными правилами при сварке, наплавке и резке металлов"; "Правила техники безопасности и производственной санитарии при электросварочных работах".

Докладчик: Абрамов В.В.

ОСНОВНЫЕ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ УЧАСТКА

Статьи затрат	Сумма по разработанному техпроцессу, руб.
Прямые расходы	
1. Основные материалы	1279857,07
3. Электроэнергия	4043,91
4. Заработная плата	559,82
5. Амортизация оборудования и ремонт оборудования	18322,49
Косвенные расходы	
6. Себестоимость	1307714,09
7. Капитальные вложения	1065500008
8. Количество приведенных затрат	1702933672,47

1. Расчетная длина 2 стыков сварного шва (труба 1020x22), пог. м	6,409
2. Количество единиц оборудования, шт	1
3. Средний коэффициент загрузки оборудования, %	98,6
4. Общее количество работающих, чел в том числе:	3
Электросварщик-оператор	2
Помощник электросварщика	1
5. Средний тарифный разряд производственных рабочих	4
6. Расход сварочных материалов на 1 стык сварного шва (труба 1020x22), кг	11,467
7. Количество приведенных затрат, руб. на 1 изделие	1320103,62

При механизированной сварке изготовление кольцевого неповоротного стыка составит 2,634 часа.

Докладчик: Абрамов В.В.

ВЫВОДЫ

1. Разработана технологическая карта сборки и сварки поворотных кольцевых стыковых сварных соединений труб;
2. Выбрано сварочное оборудование, соответствующее техническим требованиям;
3. Количество приведенных затрат на 1 изделие 1320103,62 руб.

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ