

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

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

| |
|--|
| Тема работы |
| Разработка технологии сборки и сварки магистрального трубопровода диаметром 1420 мм |

УДК 621.791.75:622.691.4.053.073.3

Студент

| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
|--------|------------------------|---------|------|
| 3-1В61 | Зуйков Павел Андреевич | | |

Руководитель ВКР

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|------------------|---------------------------|------------------------|---------|------|
| Доцент ОЭИ ИШНКБ | Киселев Алексей Сергеевич | к.т.н. | | |

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|------------------|-------------------------------|------------------------|---------|------|
| Доцент ОСГН ШБИП | Трубченко Татьяна Григорьевна | к.э.н. | | |

По разделу «Социальная ответственность»

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|-----------------|------------------------------|------------------------|---------|------|
| Доцент ООД ШБИП | Аверкиев Алексей Анатольевич | - | | |

Нормоконтроль

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|------------------|------------------------------|------------------------|---------|------|
| Доцент ОЭИ ИШНКБ | Арышева Галина Владиславовна | к.т.н. | | |

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

| Руководитель ООП | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|------------------|----------------------------|------------------------|---------|------|
| Доцент ОЭИ | Першина Анна Александровна | 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 |
| УК(У)-9 | Способен проявлять предприимчивость в профессиональной деятельности, в т.ч. в рамках разработки коммерчески перспективного продукта на основе научно-технической идеи |
| Общепрофессиональные компетенции | |
| ОПК(У)-1 | умеет использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования |
| ОПК(У)-2 | осознает сущности и значения информации в развитии современного общества |
| ОПК(У)-3 | владеет основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации |
| ОПК(У)-4 | способен решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности |

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

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

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

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

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП

_____ А.А. Першина
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

| |
|---------------------|
| бакалаврской работы |
|---------------------|

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

Студенту:

| Группа | ФИО |
|--------|--------------------------|
| 3-1В61 | Зуйкову Павлу Андреевичу |

Тема работы:

| | |
|--|---------------------|
| Разработка технологии сборки и сварки магистрального трубопровода диаметром 1420 мм | |
| Утверждена приказом директора (дата, номер) | 24.03.2021 №83-26/с |

| | |
|--|---------------|
| Срок сдачи студентом выполненной работы: | 03.06.2021 г. |
|--|---------------|

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

| | |
|---|---|
| <p>Исходные данные к работе</p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p> | <p>Материалы преддипломной практики</p> |
|---|---|

| | |
|--|--|
| <p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p> | <p>Введение</p> <p>1 Обоснование выбора способа сварки</p> <p>2 Оценка технологической свариваемости материала</p> <p>3 Обоснование выбора сварочных материалов</p> <p>4 Параметры режима сварки</p> <p>5 Обоснование выбора сварочного оборудования</p> <p>6 Финансовый менеджмент, ресурсо-эффективность и ресурсосбережение</p> <p>7 Социальная ответственность</p> <p>Заключение</p> |
| <p>Перечень графического материала</p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p> | <p>1. Презентация.</p> |

| Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы | |
|---|-------------------------------|
| Раздел | Консультант |
| Технологическая и конструкторская часть | Киселев Алексей Сергеевич |
| Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение | Трубченко Татьяна Григорьевна |
| Социальная ответственность | Аверкиев Алексей Анатольевич |

| | |
|---|---------------|
| Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику | 01.04.2021 г. |
|---|---------------|

Задание выдал руководитель / консультант (при наличии):

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|------------------|---------------------------|------------------------|---------|------|
| Доцент ОЭИ ИШНКБ | Киселев Алексей Сергеевич | к.т.н. | | |

Задание принял к исполнению студент:

| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
|--------|------------------------|---------|------|
| 3-1В61 | Зуйков Павел Андреевич | | |

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

Школа **Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности**

Направление подготовки **15.03.01 Машиностроение**

Уровень образования **бакалавриат**

Отделение **электронной инженерии**

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

Форма представления работы:

бакалаврская работа

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

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

Срок сдачи студентом выполненной работы: _____

| Дата контроля | Название раздела (модуля) / вид работы (исследования) | Максимальный балл раздела (модуля) |
|---------------|---|------------------------------------|
| 22.04.2021 г. | Введение | 5 |
| 29.04.2021 г. | Обоснование выбора способа сварки | 15 |
| 07.05.2021 г. | Оценка технологической свариваемости материала | 15 |
| 10.05.2021 г. | Обоснование выбора сварочных материалов | 15 |
| 20.05.2021 г. | Расчет параметров режима сварки | 25 |
| 24.05.2021 г. | Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение | 10 |
| 29.05.2021 г. | Социальная ответственность | 10 |
| 30.05.2021 г. | Заключение | 5 |

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|------------------|---------------------------|------------------------|---------|------|
| Доцент ОЭИ ИШНКБ | Киселев Алексей Сергеевич | К.Т.Н. | | |

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|------------|----------------------------|------------------------|---------|------|
| Доцент ОЭИ | Першина Анна Александровна | К.Т.Н. | | |

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

Студенту:

| | |
|--------|--------------------------|
| Группа | ФИО |
| 3-1В61 | Зуйкову Павлу Андреевичу |

| | | | |
|---------------------|-------------|-----------------|-------------------------|
| Школа | ИШНКБ | Отделение школы | ОЭИ |
| Уровень образования | бакалавриат | Направление | 15.03.01 Машиностроение |

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

| | |
|---|--|
| <i>1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i> | Стоимость выполняемых работ, материальных ресурсов, согласно применяемой техники и технологии, в соответствии с рыночными ценами |
| <i>2. Нормы и нормативы расходования ресурсов</i> | Нормы расхода материалов, нормы времени на выполнение операций, нормы расхода материалов, инструмента и др. |
| <i>3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i> | Отчисления во внебюджетные фонды (30%) |

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

| | |
|---|---|
| <i>1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i> | Анализ конкурентных технических решений; SWOT-анализ |
| <i>2. Планирование и формирование бюджета научных исследований</i> | Планирование работ; Разработка графика Ганта. Формирование бюджета затрат на проектирование |
| <i>3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i> | Описание потенциального эффекта |

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

| |
|--|
| <ol style="list-style-type: none"> 1. Оценка конкурентоспособности технических решений 2. Матрица SWOT 3. Календарный план-график проектирования проекта 4. Бюджет затрат ТП |
|--|

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

Задание выдал консультант:

| | | | | |
|------------------|----------------|------------------------|---------|------|
| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
| Доцент ОСГН ШБИП | Трубченко Т.Г. | к.э.н. | | |

Задание принял к исполнению студент:

| | | | |
|--------|------------------------|---------|------|
| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
| 3-1В61 | Зуйков Павел Андреевич | | |

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

| | |
|---------------|--------------------------|
| Группа | ФИО |
| 3-1В61 | Зуйкову Павлу Андреевичу |

| | | | |
|---------------------|--------------|------------------|-------------------------|
| Школа | ИШНКБ | Отделение | ОЭИ |
| Уровень образования | Бакалавриат | Направление | 15.03.01 Машиностроение |

Тема ВКР:

| | |
|--|--|
| Разработка технологии сборки и сварки магистрального трубопровода диаметром 1420 мм | |
| Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»: | |
| 1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения | Объект исследования: технология сборки и сварки стальных труб диаметром 1420мм. Область применения: линейная часть магистральных нефтепроводов. Рабочим местом является открытое пространство. |
| Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке: | |
| 1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. | – Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 09.03.2021) – ГОСТ 12.2.049-80 ССБТ. Оборудование производственное. Общие эргономические требования. – ГОСТ 12.2.033-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования – ГОСТ 12.3.003-86 ССБТ. Работы электросварочные. Требования безопасности – ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация |
| 2. Производственная безопасность: 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия | Анализ выявленных вредных факторов: – электробезопасность; – инфракрасное и ультрафиолетовое излучения; – шум и вибрация; – отравление вредными газами, выделяющимися при сварке. – Анализ выявленных опасных факторов: – поражение электрическим током; – поражение глаз и открытой поверхности кожи излучением электрической дуги; – ожоги брызгами расплавленного металла; – возникновение пожара. |
| 3. Экологическая безопасность: | – Атмосфера: выброс газа, пыли, паров и аэрозолей – Гидросфера: попадание кислотных дождей, которые являются следствием процесса сварки, в водоемы |

| | |
|--|---|
| | – Литосфера: загрязнение почвы химическими веществами, металлической стружкой, продуктами обработки швов |
| 4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях: | <ul style="list-style-type: none"> – Анализ возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения; – Выбор наиболее типичной ЧС; – Разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – Разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий. – Пожаровзрывоопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения) |

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

Задание выдал консультант:

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|-----------|------------------------------|------------------------|---------|------|
| Ассистент | Аверкиев Алексей Анатольевич | - | | |

Задание принял к исполнению студент:

| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
|--------|------------------------|---------|------|
| 3-1В61 | Зуйков Павел Андреевич | | |

Реферат

Выпускная квалификационная работа 114 с., 14 рисунков, 42 таблицы, 28 источников, 5 приложений.

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

Актуальность работы: в данной выпускной квалификационной работе производится разработка технологии сварки и контроль качества нефтепровода диаметром 1420 мм.

Объектом исследования является процесс изготовления неповоротных кольцевых стыковых соединений труб $\text{Ø}1420 \times 15,7$ мм.

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

В процессе работы подобраны режимы сварки, подобрано сварочное оборудование; в результате проведенной работы разработаны операционные технологические карты.

ВКР выполнена в текстовом редакторе Microsoft Word 2016 и КОМПАС–3D V17.

Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки

Обозначения и сокращения

РДС – ручная дуговая сварка

σ_T – предел текучести;

σ_B – временное сопротивление разрыву;

δ – относительное удлинение;

$d_э$ – диаметр электродного стержня;

j – допускаемая плотность тока;

$I_{св}$ – ток сварочной дуги;

$U_д$ – напряжение на дуге;

Нормативные ссылки

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

1 ГОСТ 5264-80 Ручная дуговая сварка. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры (с Изменением

2 ГОСТ 9466-75. Электроды покрытые металлические для ручной дуговой сварки сталей и наплавки.

3 ГОСТ 7512-82 Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Радиографический метод

4 СНиП 2.05.06-85 Строительные нормы и правила «Магистральные трубопроводы»

5 РД 25.160.10-КТН-016-15. Магистральный трубопроводный транспорт нефти и нефтепродуктов. Неразрушающий контроль сварных соединений при строительстве и ремонте магистральных трубопроводов

6 РД 153-006-02. Инструкция по технологии сварки при строительстве и капитальном ремонте магистральных нефтепроводов.

7 ГОСТ 12.2.049-80 ССБТ. Оборудование производственное. Общие эргономические требования.

- 8 ГОСТ 12.2.033-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования
- 9 ГОСТ 12.3.003-86 ССБТ. Работы электросварочные. Требования безопасности
- 10 ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация
- 11 РД-08.00-60.30.00-КТН-050-1-05 Сварка при строительстве и капитальном ремонте магистральных нефтепроводов.

Оглавление

| | |
|---|----|
| Введение..... | 17 |
| 1 Общая часть | 18 |
| 1.1 Описание сварной конструкции..... | 18 |
| 1.2 Материал сварной конструкции..... | 19 |
| 1.3 Выбор способа сварки | 21 |
| 1.3.1 Обоснование выбора способа сварки..... | 21 |
| 1.3.2 Сущность способа сварки в защитном газе плавящимся электродом..... | 21 |
| 1.3.3 Механизированная сварка в защитных газах плавящимся электродом..... | 22 |
| 1.3.4 Сущность способа ручной дуговой сварки покрытым электродом..... | 23 |
| 1.3.5 Ручная дуговая сварка покрытыми электродами..... | 24 |
| 2 Сварочные материалы | 28 |
| 2.1 Обоснование выбора сварочных материалов..... | 28 |
| 2.2 Характеристики выбранных сварочных материалов | 31 |
| 3 Сварочное оборудование..... | 35 |
| 3.1 Оборудование для полуавтоматической сварки плавящимся электродом в среде защитных газов (метод STT)..... | 35 |
| 3.1.1 Источник питания | 35 |
| 3.1.2 Подающий механизм | 37 |
| 3.1.3 Сварочная горелка..... | 39 |
| 3.2 Оборудование для механизированной сварки плавящимся электродом... | 40 |
| 3.3 Сборочно-сварочные приспособления | 41 |
| 3.3.1 Приспособление для сборки и центровки труб..... | 41 |
| 4 Сборка и сварка стыка | 43 |
| 4.1 Подготовка кромок деталей под сварку | 43 |
| 4.2 Сборка стыка | 43 |
| 4.3 Режимы сварки..... | 43 |
| 5 Неразрушающий контроль..... | 51 |
| 5.1 Визуальный и измерительный контроль | 51 |

| | | |
|-------|--|----|
| 5.2 | Ультразвуковой контроль | 51 |
| 5.3 | Радиографический контроль..... | 52 |
| 5.4 | Капиллярный контроль | 53 |
| 6 | Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.... | 55 |
| 6.1.1 | Потенциальные потребители результатов разработки | 55 |
| 6.2 | Анализ конкурентных технических решений..... | 56 |
| 6.3 | SWOT-анализ | 58 |
| 6.4 | Планирование научно-исследовательских работ | 60 |
| 6.4.1 | Структура работ в рамках научного исследования..... | 60 |
| 6.4.2 | Получение графика разработки технологии..... | 60 |
| 6.5 | Бюджет научно-технического исследования..... | 65 |
| 6.5.1 | Расчёт материальных затрат..... | 65 |
| 6.5.2 | Расчет материальных затрат на выполнение научно-технического исследования (НТИ)..... | 66 |
| 6.5.3 | Расчёт амортизационных отчислений | 67 |
| 6.5.4 | Расчёт заработной платы и отчислений во внебюджетные фонды..... | 68 |
| 6.5.5 | Расчёт общей себестоимости..... | 69 |
| 6.5.6 | Определение норм времени при сварке корневого слоя шва предлагаемыми способами..... | 71 |
| 6.6 | Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования | 78 |
| 7 | Социальная ответственность | 82 |
| 7.1 | Описание рабочего места..... | 82 |
| 7.2 | Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности | 82 |
| 7.2.1 | Специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства | 82 |
| 7.2 | Профессиональная социальная безопасность..... | 84 |
| 7.2.1 | Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении сварочных работ..... | 84 |

| | |
|---|-----|
| 7.3 Обоснование мероприятий по снижению уровней воздействия опасных и вредных факторов на сварщика..... | 86 |
| 7.4 Электробезопасность..... | 88 |
| 7.5 Экологическая безопасность | 88 |
| 7.5.1 Анализ влияния процесса исследования на окружающую среду | 88 |
| 7.6 Безопасность в чрезвычайных ситуациях | 89 |
| Заключение | 91 |
| Список используемых источников..... | 92 |
| Приложение А | 96 |
| Приложение Б..... | 102 |
| Приложение В..... | 104 |
| Приложение Г | 108 |
| Приложение Д..... | 113 |

Введение

На сегодняшний день транспортировка нефти и газа одно из наиболее приоритетных направлений для страны. Также подошёл срок эксплуатации старых трубопроводов, построенных 30 лет назад и более. Их необходимо реконструировать, некоторые строить заново. Поэтому требуется строить новые газопроводы и нефтепроводы, соответствующие современным требованиям по давлению и безопасности транспортировки взрывоопасных продуктов.

Увеличение скорости сварки без ухудшения качества сварных соединений является главным приоритетом при строительстве и ремонте продуктопроводов.

Механизация и автоматизация сварочных процессов является важнейшим средством для увеличения производительности труда, получения стабильно высокого качества сварных швов.

Перед сварочным производством стоит задача перехода на новый этап развития строительства магистральных трубопроводов. Переход к массовому применению высокоэффективных машин, оптимизации технологических процессов, аппаратов, обеспечивающих высокую механизацию и автоматизацию производства, уменьшению количества ручного труда и повышению безопасности труда на производстве.

В настоящее время повышение производительности труда является первостепенной задачей для сварочного производства.

1 Общая часть

1.1 Описание сварной конструкции

Прямошовные и спиралешовные трубы диаметром 1420 мм с номинальной толщиной стенки 15,7 мм применяются для капитального ремонта и строительства линейной части магистральных трубопроводов. Трубы должны соответствовать требованиям по сварке магистральных нефтепроводов с рабочим давлением до 9,9 МПа включительно [1].

При строительстве линейной части сварочной колонной производится монтаж и сварка труб. Сварная конструкция представляет собой кольцевой стык труб. Трубу длиной 11,7 метра приваривают к нитке нефтепровода. Нитка нефтепровода представляет собой некоторый набор собранных и сваренных линейных участков. На рисунке 1 представлено расположение трубы на лёжках, изготовленных из массива дерева.

Для обеспечения свободного доступа к стыку и недопущения повреждения изоляции трубы, сваренную нитку укладывают вдоль траншеи на пирамидах из грунта или деревянных лёжках с прокладками из дорнита или резины.

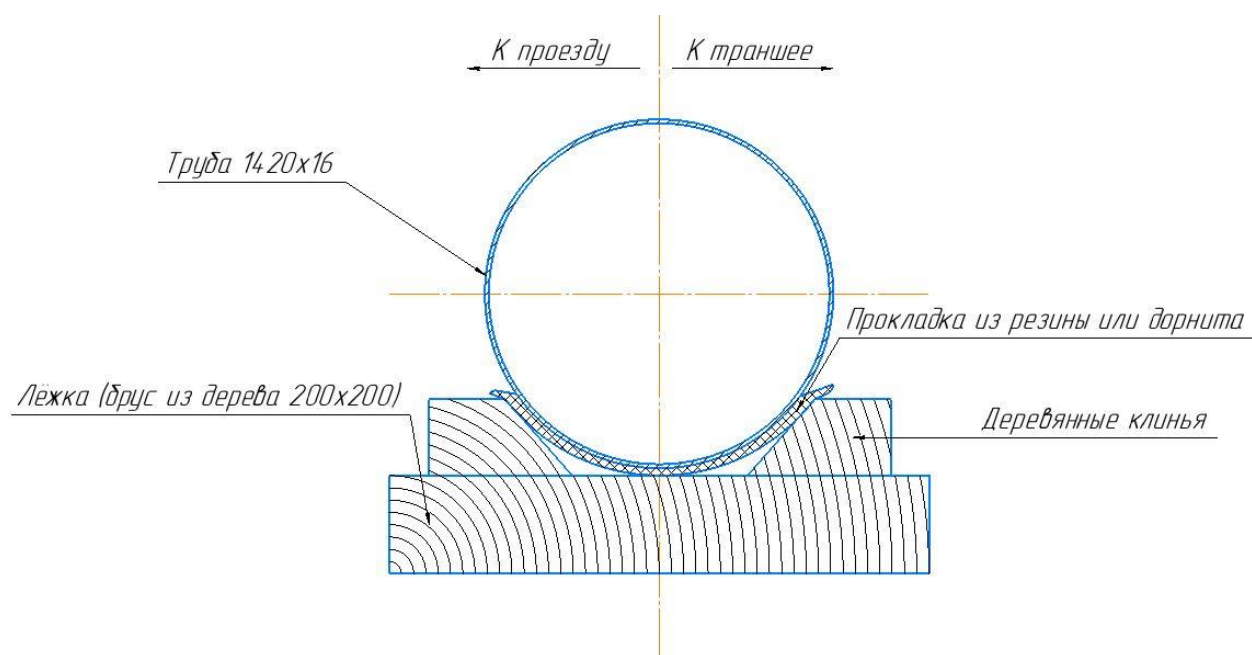


Рисунок 1 – Расположение трубы на деревянных лёжках

1.2 Материал сварной конструкции

На сегодняшний день на рынке представлен огромный ассортимент труб для магистральных нефтепроводов разных категорий прочности. Трубы отличаются по химическому составу, что указывает на их область применения. Именно от химического состава стали, которая используется для проката труб, будут зависеть характеристики готового изделия. Для потребителя важны такие характеристики труб, как технология изготовления и исполнения трубы, прочностные характеристики и др. Для каждой марки стали, используемой в изготовлении труб, устанавливаются требования по ее химическому составу, которые утверждены в стандартах и технических условиях [2]. Как правило, при строительстве линейных магистральных нефтепроводов используются низколегированные стали, а большее распространение получила марка 10Г2ФБЮ, которая относится к разряду перлитных сталей, легированных ванадием и ниобием. В таблице 2 представлен химический состав стали 10Г2ФБЮ. Легирующая добавка ванадий, добавляемая в сталь, образует карбонитрид, что способствует дисперсионному твердению металла и предотвращает разупрочнение зоны термического влияния. Ванадий добавляют в количестве от 0,01 до 0,1 %. При превышении содержания ванадия 0,1 % в стали ухудшаются механические характеристики материала, такие как ударная вязкость. Легирование стали ниобием позволяет повысить прочность проката за счет дисперсионного упрочнения. Эмпирически было выявлено, что с увеличением введения ниобия в материал происходит уменьшение ферритного зерна, а доля бейнитной игольчатой структуры стали увеличивается. Оптимальным считается содержание ниобия в стали 0,01-0,08%. При превышении ранее указанных значений содержания ниобия в материале также происходит снижение ударной вязкости металла из-за высокой прокаливаемости.

Для придания марке стали 10Г2ФБЮ высоких прочностных характеристик применяется процесс легирования стали ниобием и ванадием. Однородность пластических, прочностных и вязкостных свойств достигается за счёт проката стали в горячем состоянии.

Хорошую свариваемость стали категории К60 имеют благодаря пониженному содержанию углерода в своём составе.

Таблица 1 – Механические свойства проката из стали 10Г2ФБЮ по ГОСТ 19281 - 2014

| Параметр | Значение |
|---|----------|
| Относительное удлинение δ , % | 20 |
| Предел текучести σ_t , МПа | 460-580 |
| Ударная вязкость при температуре -40°C , Дж/см ² | 43 |
| Временное сопротивление σ_b , МПа | 590-690 |

Таблица 2 – Химический состав стали 10Г2ФБЮ по ГОСТ 19281 - 2014

| Элемент | Содержание в металле, % |
|---------|-------------------------|
| C | 0,08-0,13 |
| Si | 0,15-0,5 |
| S | Не более 0,006 |
| Mn | 1,55-1,75 |
| Al | 0,02-0,05 |
| Nb | 0,02-0,05 |
| P | Не более 0,02 |
| Ti | 0,01-0,35 |
| V | 0,08-0,12 |
| C | 0,43 (экв.) |

Производство труб большого диаметра организовано в России на нескольких прокатных заводах. К крупнейшим поставщикам трубной продукции относится ПАО «Челябинский трубопрокатный завод» (ЧТПЗ), который предлагает огромный ассортимент труб различного диаметра. На ПАО «ЧТПЗ» производят по ГОСТ 10706-76 сварные прямошовные трубы большого диаметра (1420 мм), имеющие толщину стенки 15,7 мм, из марки стали 10Г2ФБЮ в трёхслойной изоляции и с заводской разделкой кромок.

При производстве труб за выпускаемой продукцией осуществляется технический надзор специальными службами, которые выдают технический паспорт на данную продукцию. Произведенная партия труб при продаже

сопровождается заводским сертификатом, в котором указываются технические характеристики трубы и их соответствие регламентируемым.

1.3 Выбор способа сварки

Для сварки кольцевых стыков труб линейной части нефтепроводов необходимо использовать один из представленных способов или их сочетанием [3]:

- РДС (ручная дуговая сварка);
- механизированная сварка в среде углекислого газа проволокой сплошного сечения методом STT;
- МПС (механизированная сварка самозащитной порошковой проволокой).

Процесс сварки стыка разделяют на три этапа:

- сварка корневого слоя шва;
- заполняющие проходы;
- сварка облицовочного шва.

1.3.1 Обоснование выбора способа сварки

В данной выпускной квалификационной работе рассмотрим механизированную дуговую сварку плавящимся электродом и ручную дуговую сварку покрытыми электродами, сравним их и выберем наиболее производительный способ. После сравнения параметров этих видов сварки, выберем наиболее выгодный способ сварки.

1.3.2 Сущность способа сварки в защитном газе плавящимся электродом

В процессе сваривания металла в зону сварочной дуги, проволоки и сварочной ванны подаётся защитный газ, такой способ сварки называется

сваркой в защитном газе плавящимся электродом. Газ в зону сварки подаётся с помощью специального устройства.

Под воздействием тепла от сварочной дуги, плавящийся электрод и основной металл расплавляются. Шов образуется из расплавленного металла после его кристаллизации.

В сварочном процессе применяются как инертные газы, например, аргон, так и активные газы, такие как углекислый газ, которые являются защитными. Также в процессе сварки для этих же целей могут подаваться смеси защитных газов [4].

При больших скоростях сварки плавящимся электродом газ подают сбоку. На качество сварного соединения влияют сквозняки или ветер, сдувающие струю защитного газа.

1.3.3 Механизированная сварка в защитных газах плавящимся электродом

Механизированная сварка в защитных газах плавящимся электродом – это процесс дуговой сварки, в котором используется непрерывный сплошной проволоочный электрод, который подается в сварочную ванну из сварочной горелки и расплавляется под воздействием сварочной дуги. Два основных материала плавятся вместе, образуя соединение. Сварочная горелка подает защитный газ вдоль электрода, помогая защитить сварочную ванну от переносимых по воздуху загрязняющих веществ.

Механизированная сварка в защитных газах плавящимся электродом – это универсальный метод, подходящий как для тонколистовых, так и для толстостенных деталей. Проволока подается через медный мундштук, для обеспечения качественной передачи тока для стабильной сварочной дуги между проволокой и сварочной ванной. Сварочная ванна защищена от окружающей атмосферы с помощью защитного газа, подаваемого через сопло, окружающее проволоку. Выбор защитного газа зависит от свариваемого материала и области применения. Подача проволоки с катушки осуществляется моторным приводом,

а сварщик перемещает сварочную горелку по линии стыка. Проволоки могут быть сплошными (простые тянутые проволоки) или порошковыми (композиты, сформированные из металлической оболочки с порошкообразным флюсом или металлическим наполнителем). Процесс обеспечивает высокую производительность, так как проволока подается непрерывно.

Механизированная сварка в защитных газах плавящимся электродом часто называется полуавтоматическим процессом, поскольку скорость подачи проволоки и длина дуги контролируются источником питания, а скорость перемещения и положение проволоки регулируются вручную. Процесс также можно механизировать, если все параметры процесса не контролируются напрямую сварщиком, но при этом может потребоваться ручная регулировка во время сварки. Когда во время сварки не требуется ручного вмешательства, процесс можно назвать автоматическим.

В состав защитных газов общего назначения для механизированной сварки в среде защитных газов входят смеси углекислого газа, аргона и кислорода, также аргон и углекислый газ в чистом виде.

Для низколегированных сталей применяются следующие газы и смеси газов:

- углекислый газ;
- Аргон (96%) – кислород (4%);
- Аргон (75%) – углекислый газ (25%) [5].

1.3.4 Сущность способа ручной дуговой сварки покрытым электродом

Между стержнем электрода и основным металлом возникает сварочная дуга, выделяющая больше количество теплоты. Под воздействием этой теплоты плавятся электрод и основной металл в разделке кромок, образуя сварочную ванну. Металл с электрода плавится и переносится в форме капель в сварочную ванну. В процессе плавления электрода плавится покрытие, образуя шлак на

поверхности сварочной ванны и газовую защиту вокруг дуги. По мере удаления сварочной дуги, металл остывает и затвердевает, образуя сварочный шов.

Шлак защищает сварной шов от окружающего воздуха, а также при всплывании на поверхность взаимодействуя с металлом очищает его [4].

Схема сварки состоит в основном из следующих элементов:

- источник питания
- электрододержатель
- электроды с покрытием
- зажим заземления и кабели заземления.

1.3.5 Ручная дуговая сварка покрытыми электродами

Ручная дуговая сварка является одним из самых простых способов сварки, который имеет следующие преимущества:

- простота и дешевизна оборудования;
- гибкий процесс сварки, поскольку его можно использовать в любом положении, практически с любой толщиной;
- не требует внешнего защитного газа, что удешевляет процесс;
- зажим заземления можно прикрепить далеко от точки сварки [6].

При этом данный способ сварки имеет и недостатки:

- низкая скорость наплавки;
- необходимость удаления шлака, образующегося во время сварки;
- сварочные электроды необходимо заменять чаще, чем при других видах сварки;
- при сварке электродом может быть чрезмерное разбрызгивание, возможно образование шероховатой поверхности и пористости
- использование покрытых электродов требует большего обучения сварщиков, чем полуавтоматические и автоматические сварочные процессы [7].

1.3.6 Сущность метода SST

Метод STT сварки (от англ. Surface tension transfer) – это дуговая сварка металлов защитном газе с технологией переноса металла за счёт сил поверхностного натяжения [8].

Благодаря «отличному» качеству корневых швов на трубах, которые аналогичны качеству сварного шва, полученному с помощью процесса ручной дуговой сварки, наблюдается все более широкое применение процесса STT на практике.

STT – это современный, высокоэффективный и качественный сварочный процесс для сварки тонкостенных материалов и корневого прохода толстостенных материалов. В ходе сварки методом STT, специальный компьютер отслеживает и контролирует процесс переноса металла в сварочную ванну. Это позволяет увеличить производительность за счёт уменьшения разбрызгивания металла и увеличения сварочного тока. Данная уникальная технология высокочастотного инвертора известна как технология управления формой волны.

Основное различие между STT и обычным процессом сварки заключается в том, как он создает капли расплавленного металла с электрода и переносит их в сварочную ванну, как показано на рисунках 2 и 3.

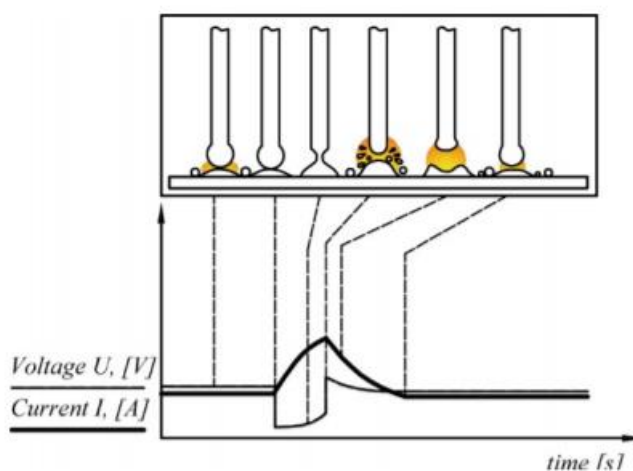


Рисунок 2 – Создание и перенос капли при традиционном процессе сварки [8]

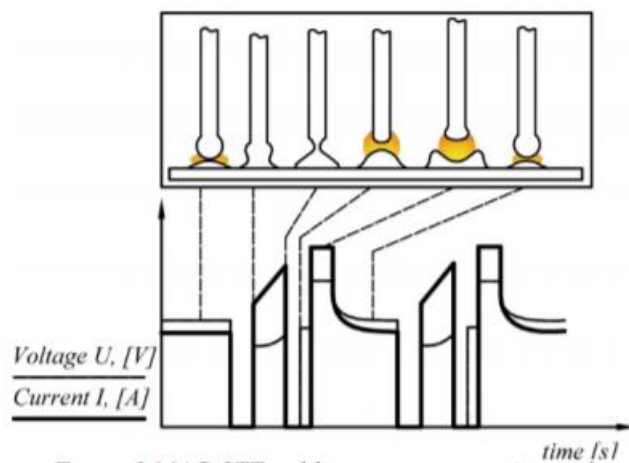


Рисунок 3 – Процесс сварки STT – создание и перенос капли [8]

Чтобы наглядно показать принцип работы метода STT на рисунке 2 изображены 6 этапов процесса сварки.

Первая ступень характеризуется фоновым током. Это текущий уровень дуги до замыкания на сварочную ванну. Это установившийся уровень тока от 50 до 100 ампер. Проволока приближается к основному материалу. Второй шаг представляет «время создания капли». Это временной интервал, необходимый для создания капли из расплавленного материала в верхней части проволоки. За доли секунды до того, как проволока заденет сварочную ванну и тем самым совершит короткое замыкание, устройство с помощью встроенного вольтметра считывает уменьшение напряжения и снижает силу тока. В случае обычной сварки без технологии STT, проволока коснется сварочной ванны, что приведет к разбрызгиванию металла. Фоновый ток снижается до 10 А примерно на 0,75 миллисекунды.

Третий шаг в одном цикле STT представлен пинч-режимом. Проволока все еще подается, следовательно, происходит сплавление проволоки с основным материалом. Чтобы передать расплавленную каплю, необходимо увеличить силу тока. К закороченному проводу контролируемым образом прикладывают большой ток.

В четвертом шаге происходит расцеп момент отделения капли металла от сварочной проволоки. В момент отделения капли от проволоки, устройство

снижает силу тока до 50 А за несколько микросекунд. Четвертый шаг указывает на то, что разделение произошло, но при малом токе.

Пятый этап характеризуется подачей плазмы. Снова увеличивается сила тока, капля металла плавно отделяется от проволоки и переходит в сварочную ванну, минимизируя появление брызг. В этом шаге электрод быстро плавится под действием большого тока.

Шестой шаг представляет собой снижение тока с уровня плазменного тока до уровня фонового тока. Затем весь цикл повторяется снова. Время, необходимое для обработки одной формы сигнала, составляет 25-35 миллисекунд [9].

Основные преимущества метода STT:

- нет необходимости удалять шлак;
- использование дешевого углекислого газа в процессе сварки;
- возможность контролировать ток независимо от скорости подачи проволоки;
- минимальное разбрызгивание;
- высокая скорость сварки с образованием высококачественных сварных швов;
- простота использования оборудования [10].

Недостатки способа STT:

- высокая цена используемого оборудования;
- перемерзание газовых коммуникаций и направляющего канала проволоки при низких температурах.

2 Сварочные материалы

В качестве сварочных материалов для капитального ремонта и строительства магистральных трубопроводов применяются следующие сварочные материалы [1]:

- электроды для ручной дуговой сварки с основным и целлюлозным видами покрытия;
- сварочные проволоки сплошного сечения и механизированной сварки в среде защитных газов и автоматической сварки под флюсом;
- защитные газы – углекислый газ, аргон (96%) – кислород (4%), аргон (75%) – углекислый газ (25%) – для автоматической и механизированной сварки;

Обязательной аттестации подлежат все используемые при сварке материалы.

2.1 Обоснование выбора сварочных материалов

В настоящее время требуется увеличение давления продукта в нефтепроводах до 9,8 МПа и больше с сохранением надёжности и без увеличения металлоёмкости конструкции. Для этого применяются трубы из сталей классов прочности К60 и К65.

Чтобы обеспечить должную надёжность нефтепроводов изготовленных из сталей классов К60 и К65, следует применять специальные сварочные материалы, гарантирующие лучшие вязко – пластические свойства металла шва при низких температурах, не уступающие основному металлу тела трубы.

Бывает два способа сварки неповоротных кольцевых стыков труб: «сверху – вниз» – «на спуск» и «снизу – вверх» – «на подъём». Для увеличения скорости сварки рекомендуется производить сварку способом «на спуск», который позволяет увеличивать сварочный ток на 30 – 90%.

Для сварки кольцевых стыков трубопроводов способом «на спуск» используют электроды с основным покрытием (низководородистые, фоторокальциевые). При сварке такими электродами, металл шва содержит

малое количество водорода и неметаллических включений и обладает высокими вязкопластическими показателями при низких температурах [4].

На сегодняшний день для способа сварки «на спуск» промышленность производит следующие марки электродов с основным покрытием [11]:

- KOBELCO (Япония) LB62U;
- KOBELCO (Япония) LB52U;
- Bohler Schweisstechnik Austria GmbH (Австрия) Fox BVD 90;
- Bohler Schweisstechnik Austria GmbH (Австрия) Fox BVD 90FOX

BVD 100.

Омеднённую проволоку сплошного сечения используют для механизированной сварки в защитных газах методом STT. В качестве защитного газа применяют двуокись углерода высшего сорта [12].

Таблица 3 – Проволоки сплошного сечения для механизированной сварки в среде защитных газов методом STT

| №п/п | Назначение | Марка проволоки | Диаметр, мм | Фирма производитель |
|------|---|--------------------|-------------|---------------------------|
| 1 | Для сварки корневого слоя шва стыков труб из сталей с нормативным пределом прочности до 637 МПа | Pipelinер 80S-G | 1,2 | Lincoln Electric (США) |
| 2 | | Super Arc L-56 | 1,2 | Lincoln Electric (США) |
| 3 | | OK Autrod 12.66 | 1,2 | ESAB (Швеция) |

Таблица 4 – Физико-химические параметры углекислого газа [12]

| Наименование показателя | Норма | |
|---|-------------|-------------|
| | Высший сорт | Первый сорт |
| 1. Объемная доля двуокиси углерода (CO ₂), % | 99,8 | 99,5 |
| 2. Объемная доля окиси углерода (CO) | 0 | |
| 3. Содержание минеральных масел и механических примесей, мг/кг, не более | 0,1 | 0,1 |
| 4. Содержание водяных паров при температуре 20° С и атм. давлении 760 мм рт. ст., г/см ³ , мг/кг | 0,038 | 0,185 |

Порошковые проволоки, указанные в таблице 5 рекомендуется использовать для сварки заполняющих и облицовочного слоев кольцевых неповоротных стыковых соединений труб

Для снижения трудоёмкости и улучшения качества сварных соединений следует использовать порошковые проволоки.

Порошковая проволока, применяемая в сварочных процессах, представляет собой многокомпонентную систему, которая состоит для оболочки (малоуглеродистой ленты), имеющей диаметр 2-3 мм, и сыпучего порошкообразного наполнителя. В качестве наполнителя чаще всего используют смеси руд, минералов, химикатов, ферросплавов металлических порошков. В процессе сварки происходит сгорание порошкообразного наполнителя, в результате чего происходит выделение газов, которые обеспечивают защиту зоны сварки от воздействия кислорода воздуха.

Таблица 5 – Порошковые проволоки для механизированной сварки в среде защитных газов

| №п/п | Назначение | Марка проволоки | Диаметр, мм | Фирма производитель |
|------|--|-----------------------|-------------|---------------------------|
| 1 | Для сварки заполняющих и облицовочного слоев шва стыков труб из стали с нормативным пределом прочности от 550 до 600 МПа | INNERSHIELD® NR-208XP | 2,0 | Lincoln Electric (США) |
| 2 | | Fabshield X80 | 2,0 | Hobart Brothers LLC (США) |
| 3 | | Innershield NR-203Ni1 | 2,0 | Lincoln Electric (США) |

2.2 Характеристики выбранных сварочных материалов

Электроды KOBELCO LB62U (Япония) предназначены для сварки газо-нефте-продуктопроводов и других объектов нефтегазовой отрасли, в том числе сварку и ремонт корневого шва стыков труб из углеродистых и низкоуглеродистых сталей классов прочности K60 – K70. Улучшению характеристик сварочного шва способствует низкое содержание водорода в составе электрода. Использование электродов LB 62U обеспечивает прекрасные внешние и механические характеристики сварного шва.

Таблица 7 – Химический состав наплавленного металла [9]

| Марка электрода | Диаметр, мм | C, % | Si, % | Mn, % | Ni, % | S, % | P, % |
|-----------------|-------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| LB 62U | 3,2 | 0,08 | 0,64 | 1,03 | 0,59 | 0,004 | 0,010 |

Таблица 8 – Механические свойства наплавленного металла [9]

| Марка электрода | Предел прочности δ_B , МПа | Предел текучести δ_T , МПа | Относительное удлинение δ , % | Ударная вязкость, KCV, Дж/см ² (-20°C) |
|-----------------|-----------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------|---|
| LB 62U | 650 | 550 | 28 | 90 |

Для сварки корневого слоя шва была выбрана проволока сплошного сечения из низколегированной стали марки Pipeliner 80S-G Lincoln Electric (США) диаметром 1,2 мм. Это самая прочная проволока для сварки MIG в семействе Pipeliner®.

Проволока сплошного сечения Pipeliner 80S-G Lincoln Electric имеет несколько преимуществ перед порошконаполненными проволоками. Во-первых, отсутствие наполнителя в проволоке облегчает работу с ней, такая проволока не требует особых условий хранения и транспортировки. Во-вторых, покрытие проволоки (медь) защищает ее от коррозии, износа направляющего канала. Также медное покрытие позволяет улучшить электрический контакт между токоподводящим наконечником и проволокой. Производитель проволоки поставляет ее в вакуумном пакете, что дополнительно защищает проволоку от воздействия окружающей среды и позволяет исключить необходимость прокалки.

Таблица 9 – Химический состав наплавленного металла [5]

| C, % | Mn % | Si, % | P, % | S, % | Ni, % |
|------|------|-------|-------|-------|-------|
| 0,08 | 1,7 | 1,1 | 0,016 | 0,009 | 0,9 |

Таблица 10 – Механические свойства наплавленного металла [5]

| δ_T , МПа | δ_B , МПа | δ , % | KCV, кДж/см ² |
|------------------|------------------|--------------|--------------------------|
| | | | -29°C |
| 475 | 570 | 25 | 70 |

Заполняющие, корректирующий и облицовочный слои выполняются механизированной сваркой самозащитной порошковой проволокой Innershield

NR-203Ni1 (1%) диаметром 2 мм. Innershield (Иннершилд) – это как обычный ручной покрытый электрод, только покрытие находится внутри проволоки. Изготавливают порошковые проволоки разных внешних диаметров от 0,9 мм до 4,0 мм. Порошковая проволока позволяет значительно ускорить процесс сварки, без ухудшения качества швов.

Тело проволоки трубчатого сечения заполнено шихтой в состав которой входят:

- шлакообразующие элементы;
- материалы, образующие защиту;
- газообразующие элементы;
- металлический порошок;
- легирующие элементы;
- раскислители.

Данные элементы образуют, как и в случае с обычными покрытыми электродами, шлак защищающий поверхность шва и газовую защиту дуги. Проволока Innershield и её наполнитель негигроскопичны, поэтому подходят для наплавки металла с низким содержанием водорода. Основные преимущества химического состава шва, наплавленного порошковыми проволоками Innershield, получены благодаря точному подбору состава наполнителя в виде соотношения между алюминием, марганцем и кремнием. Данное соотношение устанавливает необходимый уровень раскисления, способствующий улучшению характеристик шва.

Наполнитель включает в себя разнообразные легирующие элементы, улучшающие механические свойства металла шва, стойкость к распространению трещин, пластичность, прочность и ударную вязкость [13].

Химический состав проволоки Innershield NR-203Ni1 и механические свойства металла шва приведены в таблицах 11 и 12.

Таблица 11 – Химический состав проволоки Innershield NR-203Ni1 [14]

| С, % | Mn % | Si, % | P, % | S, % | Ni, % | Cr, % | Al, % |
|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 0,08 | 1,1 | 0,27 | 0,008 | 0,003 | 0,9 | 0,04 | 0,85 |

Таблица 12 – Механические свойства наплавленного металла шва [14]

| δ_T , МПа | δ_B , МПа | δ , % | КСУ, кДж/см ² |
|------------------|------------------|--------------|--------------------------|
| | | | -29 ⁰ С |
| 400 | 480-620 | 20 | 27 |

3 Сварочное оборудование

Всё оборудование, которое применяется для сварки кольцевых стыковых соединений труб, должно удовлетворять требованиям руководящих документов и быть аттестовано [15].

Для сварки нашей конструкции выбрано сварочное оборудование «Lincoln Electric®».

Основные достоинства оборудования «Lincoln Electric®»:

- для каждого способа сварки переключением тумблера выбирается своя оптимизированная внешняя характеристика;
- два вида защиты от перегрузок – электронная и термостатическая;
- проверенная временем и тяжелыми полевыми условиями эксплуатации надёжность;
- высокое качество сборки;
- встроенные цепи питания подающих механизмов и дополнительного электроинструмента;
- долгий срок гарантии – 3 года;
- автоматическое управление вентилятором.

3.1 Оборудование для полуавтоматической сварки плавящимся электродом в среде защитных газов (метод STT)

3.1.1 Источник питания

Источник питания Invertec® STT® II сочетает в себе технологию высокочастотного инвертора с передовой технологией управления формой волны®, чтобы обеспечить лучшее сварочное решение, чем традиционная сварка MIG с короткой дугой. Внешний вид источника питания представлен на рисунке 4.

Ключевые особенности источник питания Invertec® STT® II:

- Контролируемое проплавление и превосходный контроль тепловложения;

- Уменьшение брызг и дыма;
- STT® может использоваться с различными газовыми смесями, включая 100% CO₂ и смеси аргона или гелия;
- Хороший контроль валика и более высокая скорость движения.



Рисунок 4 – Внешний вид инверторного источника питания Invertec® STT® II [16]

Для быстрой регулировки величины сварочного тока используется микропроцессорная техника. Менять режимы можно на пульте дистанционного управления, кнопками на механизме подачи проволоки или тумблером на сварочной горелке.

Скорость подачи проволоки и сила сварочного тока настраиваются независимо друг от друга. Регулировкой значения пикового тока можно регулировать длину дуги и добиваться качественного сплавления металла. Общее тепловложение и форма шва определяется значением базового тока.

Данный источник питания даёт возможность уменьшить разбрызгивание и дымообразование, а также производить ремонт сварных соединений.

Технические характеристики источника питания Invertec STT II (Lincoln Electric®) приведены в таблице 13.

Таблица 13 – Технические характеристики источника питания Invertec STT II (Lincoln Electric®) [16]

| Наименование параметров | Значения |
|--|--------------------------------------|
| Номинальный сварочный ток при ПВ 60%, А | 225 |
| Пределы регулирования сварочного тока, А | 1-450 |
| Номинальное рабочее напряжение, В | 29 |
| Напряжение питающей сети, В | 3x200/220/380 415/440 50/60 Гц |
| КПД, % | 90 |
| Масса, кг | 53 |
| Габаритные размеры, мм | 589x336x620 |
| Степень защиты | IP23 |

3.1.2 Подающий механизм

Для источника питания Invertec STT II используется подающий механизм LN – 25, пример показан на рисунке 5.

Механизмы подачи проволоки серии LN-25 PRO просты, надежны и удобны в обслуживании. Эти механизмы подачи с датчиком напряжения совместимы с любым источником сварочного тока.

Ключевые особенности механизма подачи проволоки серии LN-25 PRO:

- Система подачи проволоки MAXTRAC®;
- Система привода проволоки из литого алюминия обеспечивает надежную подачу и большую долговечность;
- Обратная связь с тахометра позволяет точно определять скорость подачи проволоки;
- Двухдиапазонная скорость подачи проволоки;
- Переключатель блокировки триггера;

- Сменный и огнестойкий футляр;
- Платы ПК с герметизацией;
- Подходит для большинства источников питания;
- Катушка сварочной проволоки и механизм подачи проволоки надёжно защищены лёгким ударопрочным, огнестойким корпусом.

Технические характеристики подающего механизма представлены в таблице 14.



Рисунок 5 – Внешний вид подающего механизма LN-25 (Lincoln Electric®) [17]

Таблица 14 – Технические характеристики подающего механизма LN-25 [17]

| Питание, В | Диапазон скорости подачи проволоки, (м/мин) | Диапазон диаметров проволоки, (мм) | Размеры, ВхШхГ (мм) | Вес, (кг) |
|------------|---|------------------------------------|---------------------|-----------|
| 34 - 44 | 1,3 – 17,8 | 0,6-2,0 | 355x190x535 | 15 |

3.1.3 Сварочная горелка

Для сварки методом STT рекомендуется применять сварочную горелку Magnum 300. Она идеально подходит для подающего механизма LN – 25 в паре с источником питания Invertec STT II. Пример сварочной горелки Magnum 300 показан на рисунке 6.



Рисунок 6 – Внешний вид сварочной горелки Magnum 300
(Lincoln Electric®) [18]

Для сварки проволокой сплошного сечения в среде защитных газов или порошковой проволокой применяются полуавтоматические сварочные горелки Magnum.

Ключевые особенности сварочной горелки Magnum 300:

- Цельный модульный спусковой механизм;
- Конструкция трубки пистолета, армирована электрически изолированной металлической оболочкой, которая оптимизирует сварку тонкой проволокой;
- Износостойкая оболочка из экструдированной резины;
- Классическая изогнутая ручка - легкая и сбалансированная, обеспечивает удобный захват и снижает утомляемость;
- Вращающаяся трубка пистолета и зажим для подвески пистолета;

Сложно композиционное покрытие сопла делает сварочные горелки Magnum 300 более стойкими к высоким температурам и прилипанию брызг расплавленного металла.

Таблица 15 – Технические характеристики сварочной горелки Magnum 300 [18]

| Допустимые значения сварочного тока, А | Габариты ВхШхГ, мм | Вес, кг |
|--|--------------------|---------|
| 300 | 86x495x470 | 5 |

3.2 Оборудование для механизированной сварки плавящимся электродом

FLEXTEC® - это универсальный источник питания. Внешний вид источника питания представлен на рисунке 7. Он обеспечивает номинальный сварочный ток 450А при напряжении дуги 38В при 100 % рабочем цикле, характеристики представлены в таблице 16.



Рисунок 7 – Внешний вид источника питания Flextec 500 Lincoln Electric [19]

Таблица 16 – Технические характеристики источника питания Flextec 500 Lincoln Electric [19]

| Характеристика | Значение |
|------------------------------|--------------------------|
| Сеть питания | 380/460/575/3/50/60 |
| Номинальная мощность (60%) | 500А/40В |
| Номинальная мощность (100%) | 450А/38В |
| Потребляемый ток (А) | 39/31/31 33/27/27 |
| Диапазон сварочного тока (А) | 5-500 |
| Габаритные размеры (ВхШхГ) | 477 мм x 356 мм x 673 мм |

3.3 Сборочно-сварочные приспособления

3.3.1 Приспособление для сборки и центровки труб

Для сборки стыков труб диаметром от 426 мм и более, выполняют с помощью внутреннего центратора, который не должен повреждать внутреннюю поверхность труб [3].

Центраторы – это вспомогательное оборудование, применяемое для центрирования торцов труб перед их стыковкой и сваркой. Они упрощают и ускоряют соединение двух цилиндрических труб, что особенно важно при прокладке и ремонте трубопровода. Центратор внутренний гидравлический ЦВ-147 показан на рисунке 8 [20].



Рисунок 8 – Центратор внутренний гидравлический ЦВ-147 [20]

Они упрощают и ускоряют соединение двух цилиндрических труб, что особенно важно при прокладке и ремонте трубопровода. Центраторы наружные применяются для центровки труб, диаметр которых 1420 мм. Они отличаются своей универсальностью: путем перестановки нескольких осей один и тот же центратор можно использовать на трубах с различным диаметром. Использование определенного типа центратора – наружного или внутреннего – зависит от вида прокладываемых труб.

Таблица 17 – Технические характеристики центратора внутреннего гидравлического ЦВ-147 [20]

| Характеристика | Значение |
|--------------------------------------|-----------------------|
| Масса, кг | 1935 |
| Толщина стенок трубы | 14-23 мм |
| Диаметр центрируемых труб, мм | 1420 |
| Число упоров в одном ряду центровки | 16 |
| Рабочий ход упоров | 35мм |
| Привод | электрогидравлический |
| Габаритные размеры (длина x диаметр) | 3000x1420 мм |

4 Сборка и сварка стыка

4.1 Подготовка кромок деталей под сварку

Перед сборкой следует очистить околошовную зону от всех загрязнений, таких как грязь, снег, опилки, металлическая стружка, а также зачистить до металлического блеска кромки труб и околошовную зону с помощью шлифмашинки и металлической щётки.

Усиление продольных и спиральных швов необходимо сточить до 0 – 0,5 мм на ширину околошовной зоны [3].

4.2 Сборка стыка

Сборка стыка начинается с установки внутреннего центратора и выставления соосности и зазора между стыкуемыми трубами, затем надежно фиксируют стык на время сварки. Смещение кромок прямошовных и спиралешовных труб с толщиной стенки 10,0 мм и более не должно превышать 20% от номинальной толщины стенки, но не более 3,0 мм. При этом трубоукладочная машина поддерживает стыкуемую трубу до завершения сварки «горячего прохода» [3].

4.3 Режимы сварки

Для сварки неповоротных кольцевых стыковых соединений труб магистральных трубопроводов диаметров от 325 до 1420 мм выполнять корневой слой шва рекомендуется механизированной сваркой проволокой сплошного сечения методом STT [21].

Для механизированной сварки кольцевых неповоротных стыков диаметром 500 мм и более необходимо не менее двух сварщиков для выполнения корневого слоя шва.

При использовании для сборки стыков труб внутреннего центратора, прихватки рекомендуется выполнять только при технической обоснованности, в иных случаях прихватки не выполняются, и сборка ведется без прихваток.

Механизированная сварка корневого слоя шва в защитном газе проволокой сплошного сечения выполняется способом «на спуск» постоянным током обратной полярности. Зажигать дугу разрешается только на свариваемых кромках. Обрывать дугу следует на одной из кромок, для минимизации вероятности появления пор [21]. Рекомендуется начинать процесс сварки в положении 0° , а заканчивать в положении 6° на расстоянии не менее 100 мм от продольных швов труб. Для обеспечения плавного перехода при сварке корневого слоя шва вторым оператором, начальный и конечный участки, сваренные первым оператором необходимо обработать абразивным кругом шлифмашинками. По окончании сварки корневого слоя шва его следует зачистить абразивным кругом шлифмашинками.

Перед началом сварки должны быть выставлены следующие значения:

- а) пиковый ток от 400 до 430 А;
- б) базовый ток от 45 до 50 А для толщин стенок труб менее 12 мм, либо от 50 до 55 А для толщин стенок труб от 12 мм и более;
- в) скорость подачи проволоки от 230 до 305 см/мин в положении сварки от 0° до 1° ч, либо от 330 до 405 см/мин в положении сварки от 1° до 6° ч;
- г) переключатель длительности заднего фронта импульса («Tailout») должен быть установлен в положение «0»;
- д) переключатель «горячий старт» должен быть установлен в положение «2» или «3»;
- е) расход газа от 10 до 16 л/мин;
- ж) длительность предварительной подачи газа 0,5 с;
- з) длительность послесварочной подачи газа от 0,5 до 1,0 с.

При зазоре 2,5 мм рекомендуется установить значение базового тока от 50 до 55 А, а в положении от 0° до 1° ч рекомендуется повысить скорость подачи проволоки до от 330 до 355 см/мин [3].

Если температура окружающего воздуха ниже -35°C , то подогрев следует вести до $+100^{\circ}\text{C}$, при температурах от -35°C до $+5^{\circ}\text{C}$ или если кромки труб влажные подогрев ведется до $+50^{\circ}\text{C}$.

Подогрев выполняем с использованием установки предварительного подогрева ППЧ-20-10 и горелки – марки ГВ «Кольцо-1420» Джет, они предназначены для нагрева стыков труб под сварку, и после сварки для снятия напряжения в шве при прокладке трубопроводов.

Технические характеристики установки предварительного подогрева ППЧ-20-10 и горелки кольцевой пропановой «Кольцо-1420» Джет приведены в таблицах 18 и 19.

Таблица 18 – Технические характеристики установки предварительного подогрева ППЧ-20-10 [22]

| Наименование параметра | Величина |
|----------------------------------|---|
| Мощность | 25 кВт |
| Корпус | в отдельном корпусе |
| Напряжение питания | 3*380В, 50 Гц |
| Выходная частота | 8-11 кГц |
| Выходное напряжение | 110 В |
| Габариты ширина*высота*глубина | 550*820*550 |
| Масса | 74 кг |
| Тип охлаждения | воздушное |
| Рабочие температуры | -45 °С до +45 °С |
| Диаметр нагреваемых труб | до 1420 мм |
| Время нагрева | трубы диаметром 1420 мм, до 100 °С - 4,5 минут |
| Максимальная температура нагрева | до 300 °С |

Для получения качественных сварных соединений, применяется предварительный, сопутствующий и межслойный подогрев. В ходе подогрева из зоны сварки удаляется влага и обеспечивается фоновая температура свариваемых поверхностей.

Внешний вид установки предварительного подогрева ППЧ-20-10 показан на рисунке 9.



Рисунок 9 – Установка предварительного подогрева ППЧ-20-10 [22]

Таблица 19 – Технические характеристики горелки кольцевой пропановой «Кольцо-1420» Джет [23]

| Наименование параметра | Величина |
|--------------------------------|--------------|
| Диаметр трубы, мм | 1420 |
| Горючий газ | пропан-бутан |
| Номинальное давление газа, МПа | 0,25...0,35 |
| Расход газа, кг/час | 15-26 |
| Масса, кг | 38 |
| Габаритные размеры, мм | 2100x1650 |

Внешний вид горелки кольцевой пропановой «Кольцо-1420» Джет показаны на рисунке 10.



Рисунок 10 – Горелка кольцевая пропановая «Кольцо-1420» Джет [23]

Подогрев должен выполняться по всему периметру стыка на длину по 60-75 мм в каждую сторону от стыка.

Соотношение между скоростью подачи проволоки и напряжением должно строго соблюдаться. Увеличение или уменьшение значения напряжения для заданной скорости подачи проволоки более чем на 1,0 В, может повлечь за собой возникновение дефектов в сварном шве [24].

В таблице 20 приведены режимы сварки корневого слоя шва методом STT.

Вылет сварочной проволоки следует настраивать в интервале от 10 до 16 мм, но не более 20 мм.

На рисунке 11 показана методика ведения сварки корневого слоя шва методом STT [24]:

- До возбуждения дуги и начала сварки в положении 0° , угол сварочной горелки необходимо держать от 10° до 20° (1 позиция, рисунок 11);
- Затем, когда произошло возбуждение дуги и образовалась сварочная ванна, дугу необходимо плавно перевести с кромки на середину разделки кромок (2 позиция, рисунок 11);
- В положении от 0° до 1° сварку необходимо производить быстрыми дугообразными колебаниями в поперечном направлении, не задерживаясь на кромках стыка. Сварочную горелку следует держать с углом наклона от 30° до

45° (3 позиция, рисунок 11);

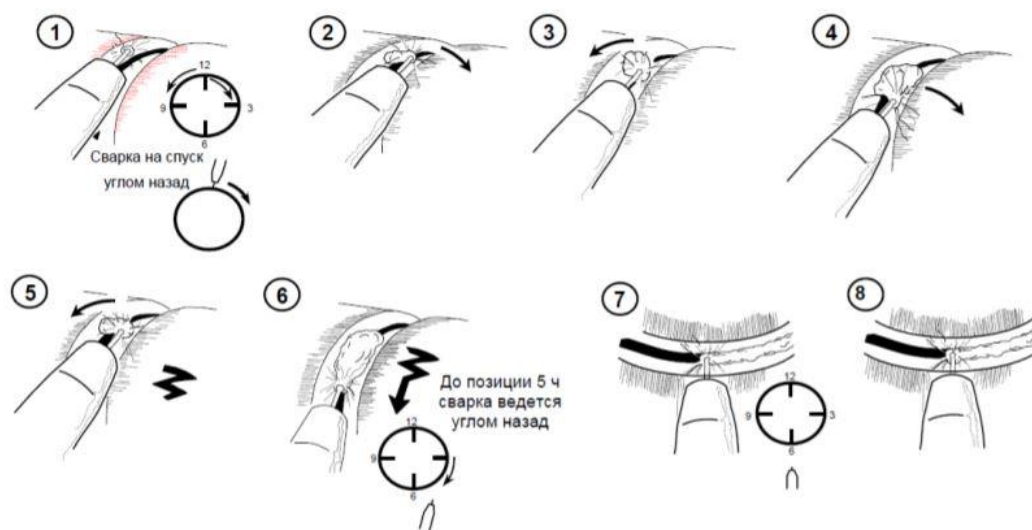


Рисунок 11 – Методика сварки корневого слоя шва методом STT [24]

- Колебания следует прекращать в положении сварки от 0° до 1° ч. Далее сварку вести прямолинейным движением сварочной горелки по центру разделки кромок. Угол наклона сварочной горелки необходимо держать в пределах от 20° до 45° (4 – 6 позиции, рисунок 11);
- В положении сварки от 4° до 5° ч угол наклона сварочной горелки необходимо поэтапно уменьшать и довести до нулевого значения (перпендикулярно поверхности трубы);
- При сварке в положении от 5° до 6° ч сварочную горелку необходимо держать в перпендикулярном к поверхности трубы положении, или с углом назад от 5° до 10° , при зазоре больше 3,5 мм в потолочном положении допустимо возвращение поперечных колебаний (7 позиция, рисунок 11);
- Заканчивать сварку в положении 6° ч следует на одной из кромок (8 позиция, рисунок 11).

Таблица 20 – Режимы сварки корневого слоя шва механизированной сваркой плавящимся электродом (метод STT) [24]

| Наименование параметра | Значение |
|--|----------------------|
| Вид прохода | Корневой |
| Род и полярность тока | Постоянный, обратная |
| Вылет электрода, мм | 10-15 |
| Защитный газ | CO ₂ |
| Расход газа л/мин | 10-16 |
| Сила тока | (-) ¹ |
| Скорость подачи проволоки, м/мин | (-) ² |
| Угол наклона электрода, град | (-) ³ |
| <p>(-)¹– для сварки корневого слоя шва методом STT на источнике питания устанавливаются специальные параметры: базовый ток = 50 – 55 А; пиковый ток = 400 – 420 А;</p> <p>(-)²– при выполнении корневого слоя шва в положении 0...1 час сварка осуществляется с поперечными колебаниями без задержки на кромках при скорости подачи проволоки от 135 до 180 м/час; в положении 1...6 час без поперечных колебаний при скорости подачи проволоки 180 – 240 м/час;</p> <p>(-)³ – угол наклона электрода (назад): в положении 0...5 час – от 10 до 30 град; в положении 5...6 час – от 0 до 10 град.</p> | |

Механизированная сварка самозащитной порошковой проволокой (МПС) предлагается для сварки заполняющих и облицовочного слоёв шва.

Сварка порошковой самозащитной проволокой выполняется током прямой полярности на спуск [24].

Перед тем как начать сварку следует установить два параметра сварочного процесса на механизме подачи проволоки – скорость подачи проволоки и напряжение.

В таблице 21 приведены основные режимы механизированной сварки самозащитной порошковой проволокой марки Innershield NR-203Ni1 диаметром

2,0 мм заполняющих, подварочного и облицовочных слоев.

Таблица 21 – Режимы механизированной сварки самозащитной порошковой проволокой марки Innershield NR-203Ni1 диаметром 2,0 мм заполняющих, подварочного и облицовочных слоев [24]

| Сварочный слой | Направление сварки | Диаметр, мм | Полярность | Скорость подачи проволоки, м/мин | Напряжение |
|----------------|--------------------|-------------|------------|----------------------------------|------------|
| Заполняющие | На спуск | 2,0 | прямая | 2-2,8 | 18,5-21,5 |
| Корректирующий | На спуск | 2,0 | прямая | 2-2,3 | 17,5-19,5 |
| Облицовочный | На спуск | 2,0 | прямая | 2-2,3 | 17,5-19,5 |

Технологическая карта по сборке и сварке неповоротного кольцевого стыкового соединения труб изложена в Приложении А.

5 Неразрушающий контроль

5.1 Визуальный и измерительный контроль

ВИК сварных соединений трубопроводов (и их участков после ремонта) должен выполняться в соответствии с требованиями РД 03-606-03 [20].

Визуальный и измерительный контроль проводится в первую очередь. На этом этапе проверяются геометрические параметры сварного соединения и дефекты, выходящие на поверхность. Не допускаются трещины, поры, свищи, брызги металла, прижоги, забои, закаты, царапины, незаваренные кратеры, прожоги.

Все недопустимые дефекты, которые можно устранить, должны быть отремонтированы до выполнения последующих методов неразрушающего контроля [11].

Технологическая карта по визуальному и измерительному контролю изложена в Приложении Б.

5.2 Ультразвуковой контроль

УЗК сварных соединений трубопроводов (и их участков после ремонта сваркой) должен выполняться в соответствии с требованиями ГОСТ Р 55724 [11].

Ультразвуковой контроль применяется для выявления протяженных и непротяженных внутренних дефектов шва. Таких как шлаковые включения, поры, трещины, непровары, несплавления и др.

Для проведения УЗК необходима шероховатость поверхности Rz40. Околошовная зона должна быть очищена от брызг металла, ржавчины, окалин и грязи. В качестве контактной жидкости используют машинное масло, смесь масла и ДТ или специальные гели. Гели бывают летние и зимние, отличаются составом. Рекомендуется предпочтение отдавать гелям на водной основе, для последующего упрощения процесса изоляции сварных стыков.

Перед проведением ультразвукового контроля следует провести

настройку ультразвукового дефектоскопа на стандартном образце предприятия (СОП). Также в процессе контроля следует периодически проверять настройку по СОП.

Выполнение контроля производится продольно поперечным перемещением преобразователя вдоль шва на ширину околошовной зоны. Контроль выполняется с обеих сторон шва.

Контроль выполняется ультразвуковым дефектоскопом А1212 MASTER. Для измерения используются масштабные линейки, штангенциркули и другие средства измерения с точностью не ниже 0,5 мм.

Технологическая карта по ультразвуковому контролю изложена в Приложении В.

5.3 Радиографический контроль

Радиографический контроль сварных соединений трубопроводов (и их участков после ремонта сваркой) должен выполняться в соответствии с требованиями ГОСТ 7512 [11].

Радиографический контроль применяется для выявления внутренних и выходящих на поверхность дефектов. Таких как шлаковые включения, непровары, трещины, подрезы, поры и пр.

Контроль проводят следующим образом:

- Навешивают мерный пояс на стык отмечая маркером начало координат;
- Навешивают пленку на стык, так чтобы сварочный шов был посередине плёнки;
- Выставляют рентген аппарат внутри трубы напротив стыка;
- Включают аппарат на время экспозиции (время экспозиции должно быть подобрано заранее);
- Снимают плёнку и мерный пояс;
- Плёнку проявляют в лаборатории;

- После высыхания производят расшифровку плёнки.

Для радиографического контроля следует применять только аттестованные средства контроля (плёнку, экраны, реактивы).

На радиографическом снимке должны быть сам сварочный шов и околошовная зона, шириной не менее толщины стенки, но не более 20 мм, канавочные эталоны чувствительности, проволочные эталоны чувствительности, номер стыка, дата сварки, клеймо сварщика, клеймо дефектоскописта, шифр объекта, маркировочные знаки продольных швов, координата мерного пояса. Самый светлый участок снимка должен иметь величину оптической плотности не ниже 1,5 единиц оптической плотности (е.о.п.) и не выше 4 е.о.п. Допускается плотность выше 4 е.о.п. если устройство для просмотра снимков обладает достаточной яркостью.

Просвечивание стыков труб большого диаметра рекомендуется проводить панорамно с помощью кроулеров на рулонную плёнку. Это повышает качество и скорость контроля. Для проявки плёнок используют специальные катушки или проявочные машины.

Технологическая карта по радиографическому контролю изложена в Приложении Г.

5.4 Капиллярный контроль

Капиллярный контроль сварных соединений трубопроводов (и их участков после ремонта) должен выполняться в соответствии с требованиями ГОСТ 18442 [11].

Капиллярный контроль выявляет поверхностные и сквозные дефекты. С помощью ПВК можно обнаружить поры, трещины, подрезы, незаваренные кратеры.

В ходе проведения ПВК на стык наносят специальный очиститель, затем протирают ветошью без ворса. Следующим этапом наносят пенетрант и дают ему проникнуть 3 – 5 минут, а затем удаляют излишки ветошью или салфеткой

смоченную очистителем. Дают время высохнуть и затем наносят несколько слоёв проявителя. Проявитель методом адсорбции вытягивает красный пенетрант из дефектов если они имеются.

Технологическая карта по капиллярному контролю изложена в Приложении Д.

6 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Важными аспектами каждой научной разработки является финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение, которые в большей степени влияют на принятие решения о ее внедрении или ее доработке. В результате выполнения выпускной квалификационной работы будут разработаны технологические рекомендации по сборке и последующей сварке труб диаметром 1420 мм. В данном разделе будет проведен анализ конкурентоспособности, ресурсоэффективности и расчёт бюджета проводимой разработки.

6.1 Оценка коммерческого и инновационного потенциала инженерного решения

6.1.1 Потенциальные потребители результатов разработки

Стальные трубы диаметром 1420 мм применяют при строительстве нефтепроводов, монтаже теплосетей, при формировании и ремонте канализационных систем, кабельных каналов, водоводов. Как кожухи трубы применяются при закрытой прокладке трубопроводных систем, транспортирующих нефть и газ. Иногда изделия используют в качестве свай или опор. Следовательно, потенциальными потребителями разрабатываемой технологии сборки и сварки стальных труб являются как промышленные предприятия, так и объекты жилищно-коммунальной сферы. Сегментирование рынка проводится по размеру компании-заказчика и по сфере использования. На карте сегментирования, представленной на рисунке 1, можно проследить, какие ниши рынка не заняты и выявить вектор направления реализации своей разработки.

| | | Сфера использования | |
|--------------------|---------|--------------------------|-------------|
| | | Промышленные предприятия | Объекты ЖКХ |
| Размер организации | Крупные | | |
| | Средние | | |
| | Мелкие | | |

Рисунок 12 – Карта сегментирования рынка применения стальных труб диаметром 1420 мм

Как видно из рисунка 1, возможными рынками сбыта являются средние и мелкие объекты ЖКХ и мелкие промышленные предприятия и организации. Однако и крупные организации могут быть заинтересованы в получении представленной в данной дипломной работе разработки, так как она (в отличие от имеющейся стандартной технологии) является коммерчески привлекательной и более ресурсоэффективной.

6.2 Анализ конкурентных технических решений

Разрабатываемая механизированная технология сварки труб может быть лучшей альтернативой ручной дуговой сварке. Оценка конкурентных технических решений показана в оценочной карте, приведенной в таблице 22.

Таблица 22 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

| Критерии оценки | Вес критерия | Баллы | | Конкурентоспособность | |
|---|--------------|----------------|-----------------|-----------------------|-----------------|
| | | Б _ф | Б _{к1} | К _ф | К _{к1} |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Технические критерии оценки ресурсоэффективности | | | | | |
| 1. Повышение производительности | 0,25 | 5 | 3 | 1,25 | 0,75 |
| 2. Удобство в эксплуатации | 0,1 | 5 | 4 | 0,5 | 0,4 |
| 3. Энергоэкономичность | 0,1 | 4 | 5 | 0,4 | 0,5 |
| 4. Качество сварного соединения | 0,15 | 5 | 3 | 0,75 | 0,45 |
| Экономические критерии оценки эффективности | | | | | |
| 1. Конкурентоспособность работы | 0,1 | 5 | 4 | 0,5 | 0,4 |
| 2. Предполагаемый срок эксплуатации | 0,1 | 5 | 5 | 0,5 | 0,5 |
| 3. Цена | 0,15 | 5 | 4 | 0,75 | 0,6 |
| 4. Послепродажное обслуживание | 0,05 | 5 | 5 | 0,25 | 0,25 |
| Итого | 1 | 39 | 33 | 4,9 | 5,85 |

где Б_ф – разрабатываемая технология – Механизированная сварка методом STT Pipeliner 80S-G,

Б_{к1} – Ручная сварка покрытыми электродами LB-62U.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum V_i \cdot B_i,$$

где К – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

V_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл *i*-го показателя.

Как показано в таблице 22, механизированная сварка имеет несколько преимуществ перед ручной сваркой. Во-первых, при сварке методом STT сокращается основное время сварки из-за увеличения значений коэффициента наплавки и применении модулированного сварочного тока, при использовании которого уменьшаются потери на разбрызгивание металла. Во-вторых, при сварке покрытыми электродами увеличивается вспомогательное время, связанное со сваркой шва, из-за необходимости очистки шва от шлака и

необходимости смены электродов. В-третьих, увеличение подготовительно–заключительного времени для сварки при сварке методом STT вызвано необходимостью продувки газовых коммуникаций. По результатам расчётов таблицы 22 можно сделать вывод, что разрабатываемая технология конкурентоспособна на рынке. К ее сильным сторонам можно отнести высокую производительность проводимых работ, высокое качество сварного шва и удобство в эксплуатации. В итоге, применение механизированной сварки плавящимся электродом методом STT позволит повысить технико-экономические показатели выполняемых работ.

6.3 SWOT-анализ

SWOT-анализ разрабатываемой технологии заключается в описании сильных и слабых сторон проекта, в выявлении возможностей и угроз для реализации проекта, которые могут появиться в его внешней среде. Результаты анализа представлены в таблице 23.

По итогам SWOT-анализа выявлены возможности для дальнейшего развития настоящей технологии сварки, а также пути предотвращения угрозам, выделенным в таблице 23.

1. Для противодействия угрозе У1 необходимо постоянное повышение квалификации сотрудников, а также их участие в тематических выставках и конференциях, на которых происходил бы обмен информацией о новинках в отрасли сварных работ, и осуществлялся обмен опытом между научными сотрудниками.

2. Для противодействия угрозе У2 необходимо грамотное финансовое планирование проводимых разработок и соответствующих работ. Также возможно привлечение дополнительных инвесторов.

3. В условиях введения новых нормативных требований (У3) необходимо заранее аккредитовать используемое в технологии оборудование, привести всю документацию к требованиям, действующим в настоящий момент в РФ. Также

возможна дополнительная проработка качества, имеющегося на рынке технологического оборудования, пригодность его в разрабатываемом процессе для быстрого нахождения альтернативы применяемому в работе оборудованию.

Таблица 23 – Матрица SWOT-анализа

| | | |
|--|--|--|
| | <p>Сильные стороны: С1. Наличие бюджетного финансирования С2. Наличие опытного руководителя С3. Заявленная экономичность и энергоэффективность технологии. С4. Широкая область применения С5. Актуальность проекта</p> | <p>Слабые стороны: Сл1. Отсутствие прототипа научной разработки Сл2. Перенастройка оборудования Сл3. Большой сорк поставок материалов и комплектующих, используемых при проведении научного исследования Сл4. Отсутствие квалифицированного персонала</p> |
| <p>Возможности: В1. Использование данной технологии при строительстве магистралей В2. Появление дополнительного спроса на новый продукт В3. Повышение стоимости конкурентных разработок В4. Получение качественных сварных соединений</p> | <p>Получение высокоэффективного оборудования для механизированной сварки методом STT. Возможность создавать партнерские отношения с другими ведущими компаниями</p> | <p>Снижение цен на технологии, используемые при механизированной сварке методом STT. Требуется множество перенастроек в связи с применением нового оборудования. Сотрудничество с зарубежными профессионалами и повышение квалификации персонала.</p> |
| <p>Угрозы: У1. Появление новых технологий У2. Несвоевременное финансовое обеспечение. У3. Введение дополнительных нормативных требований.</p> | <p>Экономическая эффективность предлагаемого оборудования. Повышение квалификации персонала.</p> | <p>Расширение области применения за счет развития новых технологий.</p> |

6.4 Планирование научно-исследовательских работ

6.4.1 Структура работ в рамках научного исследования

Для проведения процесса механизированной сварки формируется рабочая группа, в состав которой входят руководитель проекта и инженер (дипломник).

Составим перечень этапов и работ в рамках разрабатываемой технологии и проведем распределение исполнителей по видам работ (таблица 24).

Таблица 24 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

| Основные этапы | Длительность, дни | Должность исполнителя |
|---|-------------------|----------------------------------|
| Составление и утверждение темы проекта | 3 | Руководитель темы |
| Анализ актуальности темы | 4 | Инженер (бакалавр) |
| Поиск и изучение литературы | 7 | Инженер (бакалавр) |
| Подбор нормативных документов | 10 | Руководитель, инженер (бакалавр) |
| Расчет параметров технологии | 45 | Инженер (бакалавр) |
| Анализ результатов | 32 | Инженер (бакалавр), руководитель |
| Оформление расчетно-пояснительной записки | 10 | Инженер (бакалавр) |

6.4.2 Получение графика разработки технологии

Трудоёмкость выполнения исследования оценивается экспертным путём в силу вероятностного характера величины. За единицу измерения трудоёмкости принимаются человеко-дни. Ожидаемая трудоёмкость рассчитывается по формуле 1:

$$t_{ож} = \frac{3 \cdot t_{\min} + 2 \cdot t_{\max}}{5}, \quad (1)$$

где $t_{ож}$ – ожидаемая трудоёмкость выполнения работы чел.дн;

t_{\min} – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной работы, чел.дн;

t_{\max} – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной работы, чел.дн.

Для построения графика проведения научных работ в форме диаграммы Ганта длительность каждого из этапов работ в рабочих днях переводится в календарные дни по формуле:

$$T_{КД} = T_{РД} \cdot K_{КД}, \quad (2)$$

где $T_{КД}$ – продолжительность выполнения работы в календарных днях;

$T_{РД}$ – продолжительность выполнения работы в рабочих днях;

$K_{КД}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности рассчитывается по формуле:

$$K_{КД} = \frac{T_{КД}}{T_{КД} - T_{ВД} - T_{ПД}}, \quad (3)$$

где $T_{КД}$ – количество календарных дней в году;

$T_{ВД}$ – количество выходных дней в году;

$T_{ПД}$ – количество праздничных дней в году.

Значение коэффициента календарности для 2021 года:

$$K_{КД} = \frac{365}{365 - 118} = 1,5 \quad (4)$$

Сведем все полученные результаты расчетов в таблицу 25 и построим диаграмму Ганта (таблица 26).

Из диаграммы Ганта видно, что самый большой промежуток времени отводится на расчеты и анализ полученных результатов. Именно на этих этапах происходит подбор технологических параметров и оборудования. Также достаточно много времени отводится на подбор технической нормативной документации, так как ее правильное применение позволяет внедрять разрабатываемую технологию на производства.

Таблица 25 – Расчёт трудозатрат на выполнение работ

| Наименование работы | Исполнители работы | Длительность работ, дн. | | | Трудоёмкость работ по исполнителям, чел.дн | | | |
|---|--------------------|-------------------------|------------|--------------|--|-----------|--------------|--------------|
| | | t_{\min} | t_{\max} | $t_{ож}$ | $T_{РД}$ | | $T_{КД}$ | |
| | | | | | Р | И | Р | И |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| Составление и утверждение темы проекта | Р | 3 | 4 | 3,5 | 3,5 | 0 | 3,318 | 0 |
| Анализ актуальности темы | И | 4 | 7 | 5,5 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Поиск и изучение литературы | И | 7 | 10 | 8,5 | 0 | 0 | 4,099 | 0 |
| Подбор нормативных документов | Р, И | 10 | 12 | 11 | 2 | 9 | 1,025 | 3 |
| Расчет параметров технологии | И | 45 | 50 | 48,5 | 0 | 48,5 | 0 | 72,75 |
| Анализ результатов | Р, И | 32 | 35 | 3,5 | 13 | 20,5 | 0 | 30,75 |
| Оформление расчетно-пояснительной записки | И | 10 | 12 | 11 | 0 | 11 | 0 | 16,5 |
| Итого: | | | | 121,5 | 18,5 | 89 | 27,75 | 133,5 |

Таблица 26 – Календарный план-график разработки технологии

| № работ | Вид работ | Исполнители | T_{ki} дн. | Продолжительность выполнения работ | | | | | | | | | | | | |
|---------|---|----------------------------------|-----------------|------------------------------------|---|------|---|---|--------|---|---|-----|---|---|--|--|
| | | | | февр. | | март | | | апрель | | | май | | | | |
| | | | | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | | |
| 1 | Составление и утверждение темы проекта | Руководитель | 3 | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | Анализ актуальности темы | Инженер (бакалавр) | 4 | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | Поиск и изучение литературы | Инженер (бакалавр) | 7 | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | Подбор нормативных документов | Руководитель, инженер (бакалавр) | 10 | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | Расчет параметров технологии | Инженер (бакалавр) | 45 | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | Анализ результатов | Инженер (бакалавр), руководитель | 32 | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | Оформление расчетно-пояснительной записки | Инженер (бакалавр) | 10 | | | | | | | | | | | | | |



- инженер (бакалавр)



- руководитель

6.5 Бюджет научно-технического исследования

6.5.1 Расчёт материальных затрат

Проведем расчет материальных затрат на оборудование и материалы, требуемые для проведения сварочного процесса механизированным способом. Так как процесс состоит из сварочных операций на двух слоях, то для каждого слоя требуется свое оборудование. Для первого слоя механизированная сварка в среде защитных газов методом STT возможна при использовании специализированного источника питания Invertec STT II в совокупности с механизмом подачи проволоки LN-25 и сварочной горелкой Magnum 300. Для второго слоя механизированная сварка в среде защитных газов порошковой проволокой возможна при использовании источника питания FLEXTEC® 500 Pro в паре с механизмом подачи проволоки Power Feed®26.

В материальные затраты также включаются транспортно-заготовительные расходы (ТЗР) в пределах от 5% до 20% от общей цены материалов. Расчёт материальных затрат приведён в таблице 27.

Таблица 27 – Материальные затраты

| Наименование | Цена за ед., руб. | Кол-во, шт. | Сумма, руб. |
|---|-------------------|-------------|------------------|
| Источник питания Invertec STT II | 250 000 | 1 | 250 000 |
| Сварочный инвертор FLEXTEC® 500 Pro | 457 803 | 1 | 457 803 |
| Механизм подачи проволоки LN-25 | 225 627 | 1 | 225 627 |
| Механизм подачи проволоки Power Feed®26 | 160 919 | 1 | 160 919 |
| Сварочная горелка Magnum 300 | 24 300 | 1 | 24 300 |
| Горелка INNERSHIELD® ДЛЯ LN-23P - 350A - 62° | 32 000 | 1 | 32 000 |
| Проволока Lincoln Electric Innershield NR-203Ni1 (1%) Ø2мм 6,35кг | 12 720 | 1 | 12 720 |
| Проволока свар. Lincoln PIPELINER 80S-G Ф1,1мм (13.6кг) | 2 434 | 1 | 2 434 |
| Углекислота в баллоне 40 литров | 550 | 1 | 550 |
| Итого | | | 1 166 353 |
| Итого с учётом ТЗР (10%) | | | 1 282 988 |

6.5.2 Расчет материальных затрат на выполнение научно-технического исследования (НТИ)

Для проведения теоретических исследований и расчетной части выпускной квалификационной работы требуется персональный компьютер с выходом в сеть Интернет, а также установленным пакетом программ Microsoft Office, а также правовыми базами Гарант или Консультант плюс. Для студентов НИ ТПУ доступ к базам данным бесплатный, программное обеспечение также предоставляется, поэтому в расчете затрат стоимость их использования учитываться не будет. Для выполнения графической части необходимы канцелярские принадлежности. Рассчитаем материальные затраты на НТИ (таблица 28).

Таблица 28 – Материальные затраты на НТИ

| Наименование | Цена за ед., руб. | Кол-во, шт. | Сумма, руб. |
|---------------------------------|-------------------|-------------|-------------|
| Ручка шариковая синяя | 15 | 3 | 45 |
| Ручка шариковая гелиевая черная | 40 | 1 | 40 |
| Карандаш простой | 10 | 2 | 20 |
| Линейка на 30 см деревянная | 48 | 1 | 48 |
| Транспортир | 24 | 1 | 24 |
| Ластик | 6 | 1 | 6 |
| Бумага офисная, 500 л | 350 | 1 | 350 |
| Услуги печати | 3 | 150 | 450 |
| Услуги сшивания работы | 210 | 1 | 210 |
| Итого: | | | 1193 |
| Итого с учетом ТЗР (10%) | | | 1312 |

6.5.3 Расчёт амортизационных отчислений

Проведем расчеты амортизации для оборудования, используемого в процессе механизированной сварки. Оборудования для сварочных работ относится к 4-ой амортизационной группе, срок его полезного использования 5-7 лет. Для расчетов возьмем СПИ = 7 лет, а срок использования оборудования – 6 месяцев.

Норма амортизации H_A рассчитывается как:

$$H_A = \frac{1}{T} \cdot 100\% = (1/7) \cdot 100\% = 14,3\% , \quad (5)$$

где T – срок полезного использования, лет.

Расчеты приведены в таблице 29.

Таблица 29 – Амортизационные отчисления

| Наименование | Цена за ед., руб. | Год. амортизационные отчисления, руб. | Ежемесячные амортизационные отчисления, руб. | Итоговая сумма амортизации, руб. |
|--|-------------------|---------------------------------------|--|----------------------------------|
| Источник питания Invertec STT II | 250 000 | 35 750 | 2 979 | 17 875 |
| Сварочный инвертор FLEXTEC® 500 Pro | 457 803 | 65 466 | 5 455 | 32 733 |
| Механизм подачи проволоки LN-25 | 225 627 | 32 265 | 2 689 | 16 132 |
| Механизм подачи проволоки Power Feed®26 | 160 919 | 23 011 | 1 918 | 11 506 |
| Сварочная горелка Magnum 300 | 24 300 | 3 475 | 290 | 1 737 |
| Горелка INNERSHIELD® ДЛЯ LN-23P - 350A - 62° | 32 000 | 4 576 | 381 | 2 288 |
| Итого: | 1 150 649 | 164 543 | 13 712 | 82 271 |

6.5.4 Расчёт заработной платы и отчислений во внебюджетные фонды

Для расчета заработной платы научного руководителя и инженера примем следующие значения величин:

- оклад научного руководителя (в должности доцента) 31 100 рублей;
- оклад консультанта (в должности ассистента) – 21 611 рублей;
- количество нерабочих/выходных дней – 118;
- среднее количество рабочих дней в месяце - 21 день.

Для расчета среднедневной заработной платы сотрудников необходимо оклад поделить на среднее количество рабочих дней в месяце: для научного руководителя – $31100/21 = 1480,95$ рублей/день, для инженера – $1029,10$ рублей/день.

Заработная плата включает в себя основную и дополнительную части. При этом основная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$ЗП_{осн} = ЗП_{дн} \cdot T_{РД} \cdot (1 + K_{нр} + K_{\partial}) \cdot K_p, \quad (6)$$

где $ЗП_{дн}$ – среднедневная заработная плата, руб.;

$T_{РД}$ – трудоёмкость выполнения работы в рабочих днях;

$K_{нр}$ – коэффициент премирования;

K_{∂} – коэффициент доплат;

K_p – районный коэффициент.

Результаты расчёта основной заработной платы приведены в таблице 30.

Таблица 30 – Расчёт основной заработной платы

| Исполнители | $ЗП_{дн}$ | K_p | K_{∂} | $K_{нр}$ | $T_{РД}$ | $ЗП_{осн}$, руб |
|--------------|-----------|-------|----------------|----------|----------|------------------|
| Руководитель | 1480,95 | 0,3 | 0,2 | 1,3 | 18,5 | 20548,18 |
| Инженер | 1029,10 | 0,3 | 0,2 | 1,3 | 89 | 68692,43 |
| Итого | | | | | | 89240,61 |

Дополнительная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$ЗП_{доп} = ЗП_{осн} \cdot 0,12 , \quad (7)$$

где $ЗП_{осн}$ – основная заработная плата, руб.

Отчисления во внебюджетные фонды в соответствии с Налоговым кодексом РФ рассчитываются по формуле:

$$ЗП_{внеб} = (ЗП_{осн} + ЗП_{доп}) \cdot 0,3 , \quad (8)$$

где $ЗП_{осн}$ – основная заработная плата, руб;

$ЗП_{доп}$ – дополнительная заработная плата, руб.

Результаты расчётов приведены в таблице 31.

Таблица 31 – Расчёт дополнительной заработной платы и отчислений

| Исполнители | $ЗП_{доп}$ | $ЗП_{внеб}$ |
|--------------|-----------------|-----------------|
| Руководитель | 2465,78 | 6904,19 |
| Инженер | 8243,09 | 23080,65 |
| Итого | 10708,87 | 29984,84 |

Накладные расходы принимаются в размере 10% от величины всех остальных расходов.

6.5.5 Расчёт общей себестоимости

Для расчета себестоимости проекта необходимо просуммировать материальные затраты, амортизационные затраты, заработную плату сотрудников, страховые взносы и накладные расходы (таблица 32).

Таблица 32 – Суммарные расходы

| Наименование | Сумма, руб. | Удельный вес, % |
|---------------------------------|-------------------|--------------------|
| Материальные затраты | 1282988 | 78 |
| Затраты на амортизацию | 82271 | 5 |
| Основная заработная плата | 89240,61 | 5 |
| Дополнительная заработная плата | 10708,87 | 1 |
| Страховые взносы | 29984,84 | 2 |
| Накладные расходы | 149519,33 | 9 |
| Итого | 1644712,65 | 100 |

Как видно из таблицы 32 и на рисунке 13, основная часть расходов приходится на материальные затраты (78% от общих расходов). Это связано с тем, что в разрабатываемой технологии применяется дорогостоящее оборудование.

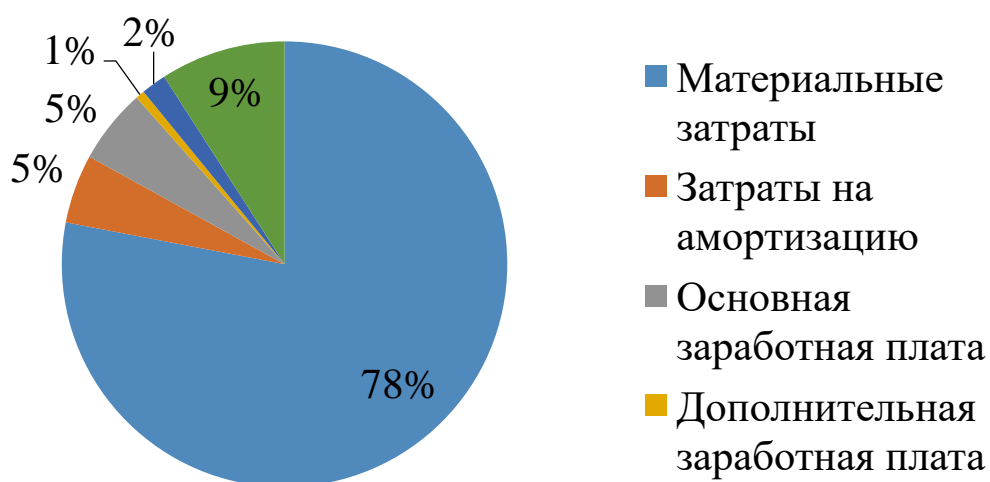


Рисунок 13 – Распределение бюджета НТИ по статьям, %

6.5.6 Определение норм времени при сварке корневого слоя шва предлагаемыми способами

Нормирование – это определение времени на выполнение какого-либо процесса. Под технически обоснованной нормой времени понимается, установленное для определенных организационно-технических условий время на выполнение заданной работы, исходя из рационального использования средств производства и с учетом передового производственного опыта. Технически обоснованные нормы времени являются основой правильного решения вопросов разделения труда, организации и обслуживания рабочих мест, проектирования передовых методов труда, оценки его эффективности и организации систем материального стимулирования. Для того чтобы нормировать процесс сварки методом STT, воспользуемся методикой расчета механизированной сварки плавящимся электродом в CO₂, поскольку эти процессы схожи по сущности. Главным образом, различие представляет отсутствие постоянных значений сварочного тока. Так при сварке корневого слоя шва методом STT на источнике питания устанавливаются специальные параметры: базовый ток I_Б= 50 – 55 А; пиковый ток I_П= 400 – 420 А. Напряжение на дуге устанавливают в пределах U_д= 16,5-18,5 В.

Для того чтобы определить основное время сварки, нужно найти площадь наплавленного металла. Общую площадь поперечного сечения наплавленного металла рассчитаем аналитически. Разделка кромок при сварке заданных деталей – односторонний ломаный скос кромок. Геометрические размеры корневого слоя шва примем из учета правильного формирования обратного валика и полного сплавления кромок пример на рисунке 14. Площадь наплавки корневого слоя шва определим, как площадь эллипса.

$$F_H = F_{\text{эллипса}} = \pi \cdot a \cdot b = 3,14 \cdot 0,25 \cdot 0,4 = 0,31 \text{ см}^2, \quad (9)$$

где $a=0,25$ см, полуось эллипса;

$b=0,4$ см, полуось эллипса.

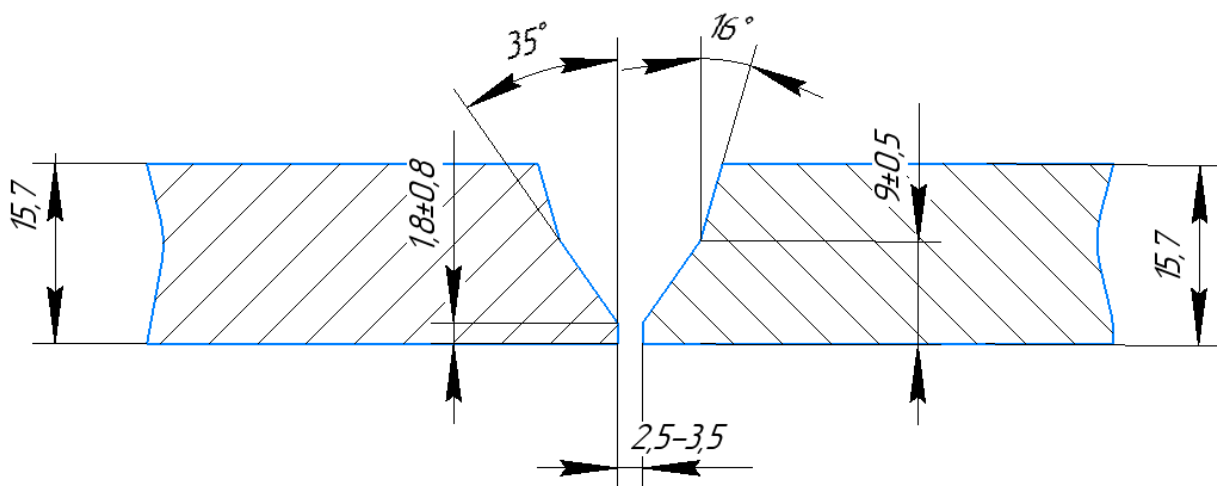


Рисунок 14 - Заводская разделка кромок и внешний вид корневого прохода

Масса наплавленного металла шва:

$$G_H = F_H \cdot L_{шв} \cdot \gamma, \quad (10)$$

где F_H – площадь наплавленного металла, $F_H = 0,31 \text{ см}^2$;

$L_{шв}$ – длина шва; $L_{шв} = 446 \text{ см}$;

γ – плотность металла; $\gamma = 7,8 \text{ г/см}^3$;

$G_H = 0,31 \cdot 446 \cdot 7,8 = 1,08 \text{ кг}$.

Коэффициент наплавки при типовых режимах сварки:

$\alpha_H = 9,5 \text{ г/А} \cdot \text{ч}$, для РДС;

$\alpha_H = 10,9 \text{ г/А} \cdot \text{ч}$, для механизированной в CO_2 ;

$\alpha_H = 11,4 \text{ г/А} \cdot \text{ч}$, для механизированной в CO_2 методом STT коэффициент наплавки повышается на 5% по сравнению с механизированной в CO_2 без модулированного тока. Остальные расчеты приведены в таблицах 33 – 39.

Таблица 33 – Основное время для сварки

| Исходные данные и расчетная формула | Сравниваемые процессы | | Изменение |
|--|--|--|-----------|
| | Ручная сварка покрытыми электродами LB-62U | Механизированная методом STT Pipeliner 80S-G | |
| | 1 | 2 | |
| F_H – площадь наплавленного металла, см ² | 31 | 31 | - |
| $I_{св}$ -сварочный ток | 120 | ≈210* | - |
| γ – плотность наплавляемого металла г/см ³ | 7,8 | 7,8 | - |
| α_H - коэффициент наплавки г/А·ч | 9,5 | 11,4 | - |
| Расчетная формула $t_0 = \frac{F_H \cdot \gamma \cdot 60}{I_{св} \cdot \alpha_H}$ | $t_0 = \frac{31 \cdot 7,8 \cdot 60}{120 \cdot 9,5} = 12,7$ | $t_0 = \frac{31 \cdot 7,8 \cdot 60}{210 \cdot 11,4} = 6$ | 6,7 |

* – базовый ток $I_B = 50 - 55$ А; пиковый ток $I_{П} = 400 - 420$ А.

Формула расчета времени на смену электродов в процессе сварки:

$$T_э = \frac{t_{э1} \cdot F_H \cdot \gamma}{g \cdot b}, \quad (11)$$

$$T_э = \frac{0,11 \cdot 0,31 \cdot 7,8}{70,5 \cdot 1,3} = 0,3 \text{ мин/м,}$$

где $t_{э1}$ -время на смену одного электрода; $t_{э1}=0,11$ мин;

g –вес стержня электрода; $g=70,5$ г;

b –коэффициент перехода металла электрода в шов $b=1,3$.

Таблица 34 – Вспомогательное время, связанное со сваркой шва

| Элементы работы | Сравниваемые процессы | | Изменение |
|--|--|---|-----------|
| | Ручная сварка покрытыми электродами LB- 62U | Механизированная методом STT Pipelinер 80SG | |
| | 1 | 2 | |
| | | | (1-2) |
| Очистка перед сваркой, свариваемых кромки от налета ржавчины и осмотр | 0,5 | 0,5 | - |
| Зачистка шва от шлака | 4 | - | - |
| Откусывание огарков проволоки | | 0,1 | - |
| Осмотр и промер шва | 0,3 | 0,3 | - |
| Удаление остатка проволоки из головки полуавтомата. Смена кассеты. Подача проволоки в головку. | - | 0,25 | - |
| Время на замену электродов | 0,3 | - | - |
| Всего | 5,1 | 1,15 | 3,95 |

Таблица 35 – Подготовительно – заключительное время

| Исходные данные | Сравниваемые процессы | |
|---|--|---|
| | Ручная сварка покрытыми электродами LB-62U | Механизированная методом STT Pipeliner 80SG |
| Получение производственного задания, документации, инструктажа мастера, получение инструмента | 4,0 | 4,0 |
| Ознакомление с работой | 2,0 | 3,0 |
| Подготовка к работе баллона с газом, подключение (отключение) и продувка шлангов | - | 4,0 |
| Подготовка рабочего места и приспособлений к работе | 2,0 | 4,0 |
| Всего, мин | 8,0 | 15,0 |

Таблица 36 – Вспомогательное время, связанное с изделием и работой оборудования

| Элементы работы | Сравниваемые процессы | |
|--------------------------|--|---|
| | Ручная сварка покрытыми электродами LB-62U | Механизированная методом STT Pipeliner 80SG |
| Время на установку | 2,2 | 2,2 |
| Снятие и транспортировка | 1,7 | 1,7 |
| Всего | 3,9 | 3,9 |

Таблица 37 – Определим штучное время

| Исходные данные и расчетная формула | Сравниваемые процессы | | Изменение |
|---|---|--|-----------|
| | Ручная сварка покрытыми электродами LB-62U | Механизированная методом STT Pipeliner 80SG | |
| | 1 | 2 | |
| T_0 - основное время на сварку, мин/м | 12,7 | 6,0 | (1-2) |
| $T_{вш}$ - вспомогательное время, связанное со свариваемым швом на 1 пог. м шва в мин | 5,1 | 1,15 | - |
| l - длина шва, м | 4,46 | 4,46 | - |
| $t_{виз}$ - вспомогательное время, связанное со свариваемым изделием, в мин | 3,9 | 3,9 | - |
| $K_{об}$ - коэффициент, учитывающий затраты времени на обслуживание рабочего места, отдых и естественные надобности | 1,1 | 1,12 | - |
| Расчетная формула $T_{шт} = ((t_0 + t_{вш}) \cdot l + t_{виз}) \cdot k_{об}$, мин/изд | $T_{шт} = ((12,7 + 5,1) \cdot 4,46 + 3,9) \cdot 1,1 = 91,6$ | $T_{шт} = ((6 + 1,15) \cdot 4,46 + 3,9) \cdot 1,12 = 40,1$ | 51,5 |

Таблица 38 – Размер партии

| Исходные данные и расчетная формула | Сравниваемые процессы | | Изменение |
|---|--|---|-----------|
| | Ручная сварка покрытыми электродами LB-62U | Механизированная методом STT Pipeliner 80SG | |
| | 1 | 2 | |
| $T_{см}$ - продолжительность одной рабочей смены, часов | 11 | 11 | - |
| $t_{шт}$ - штучное время | 91,6 | 40,1 | - |
| Расчетная формула $n = \frac{T_{см} \cdot 60}{t_{шт}}$, мин/изд | $n = \frac{11 \cdot 60}{91,6} \approx 7$ | $n = \frac{11 \cdot 60}{40,1} \approx 16$ | 9 |

Таблица 39 – Штучно – калькуляционное время

| Исходные данные и расчетная формула | Сравниваемые процессы | | Изменение |
|---|--|---|-----------|
| | Ручная сварка покрытыми электродами LB-62U | Механизированная методом STT Pipeliner 80SG | |
| | 1 | 2 | |
| $t_{шт}$ - штучное время | 91,6 | 40,1 | - |
| $t_{пз}$ - подготовительно – заключительное время | 8,0 | 15,0 | - |
| n - размер партии | $n = \frac{11 \cdot 60}{91,6} \approx 7$ | $n = \frac{11 \cdot 60}{40,1} \approx 16$ | 9 |
| Расчетная формула $t_{шк} = t_{шт} + \frac{t_{пз}}{n}$, мин/изд. | $t_{шк} = 91,6 + \frac{8}{7} = 92,7$ | $t_{шк} = 40,1 + \frac{15}{16} = 41$ | 51,7 |

Проведя сравнительный анализ между нормированием времени для двух способов можно сделать следующие выводы: Во-первых, при сварке методом STT сокращается основное время сварки из-за увеличения значений коэффициента наплавки и применении модулированного сварочного тока, при

использовании которого уменьшаются потери на разбрызгивание металла. Во-вторых, при сварке покрытыми электродами увеличивается вспомогательное время, связанное со сваркой шва, из-за необходимости очистки шва от шлака и необходимости смены электродов. В-третьих, увеличение подготовительно–заключительного времени для сварки при сварке методом STT вызвано необходимостью продувки газовых коммуникаций.

В итоге, применение механизированной сварки плавящимся электродом методом STT позволило повысить технико-экономические показатели, в сравнении с механизированной сварки плавящимся электродом в классическом исполнении. Если же провести сравнение со сваркой покрытыми электродами, то следует отметить, что произошло сокращение штучного, штучно-калькуляционного времени и произошло увеличение объемов партии.

6.6 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Определение эффективности проекта происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{ri}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (12)$$

где $I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$ – интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{ri} – стоимость i -го варианта исполнения;

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

Рассчитаем данный показатель в сравнении с двумя другими аналогичными системами (таблица 40).

Таблица 40 – Расчет интегрального финансового показателя

| Объект исследования Стоимость | Разработка | Аналог Исп.1 | Аналог Исп.2 |
|----------------------------------|------------|--------------|--------------|
| Φ_{pi} | 1644712,65 | 1000520,20 | 1743200,25 |
| $I_{финр}^{исп.i}$ | 0,94 | 0,57 | 1,00 |

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (13)$$

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности для i -го варианта исполнения разработки;

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

b_i^a, b_i^p – бальная оценка i -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности приведен в таблице 41.

Таблица 41 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

| Объект исследования Критерии | Весовой коэффициент параметра | Разработка | Аналог Исп.1 | Аналог Исп.2 |
|---------------------------------|-------------------------------|------------|--------------|--------------|
| 1. Безопасность | 0,2 | 5 | 4 | 4 |
| 2. Быстродействие | 0,1 | 5 | 2 | 3 |
| 3. Энергосбережение | 0,15 | 4 | 3 | 3 |
| 4. Надежность | 0,4 | 4 | 4 | 4 |
| 5. Материалоемкость | 0,15 | 4 | 4 | 4 |
| ИТОГО | 1 | | | |
| I_{pi} | | 4,4 | 3,4 | 3,6 |

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения

проекта ($I_{исп.1}$) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{исп.2} = \frac{I_{p-исп2}}{I_{финр}} \quad (14)$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения позволит определить сравнительную эффективность проекта и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных.

Сравнительная эффективность проекта (\mathcal{E}_{cp}):

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{исп.1}}{I_{исп.2}} \quad (15)$$

Результаты расчетов показателей представлены в таблице 42.

Таблица 42 – Сравнительная эффективность разработки

| № п/п | Показатели | Разработка | Аналог Исп.1 | Аналог Исп.2 |
|----------|--|------------|-----------------|-----------------|
| 1 | Интегральный финансовый показатель | 0,94 | 0,57 | 1,00 |
| 2 | Интегральный показатель ресурсоэффективности | 4,4 | 3,4 | 3,6 |
| 3 | Интегральный показатель эффективности | 4,7 | 6,0 | 3,6 |
| 4 | Сравнительная эффективность проекта относительно Разработки | 1 | 0,8 | 1,3 |

Представленные расчеты показывают, что предлагаемая разработка механизированной сварки значительно превосходит аналогичные процессы, так как предлагаемая технология значительно увеличивает скорость, точность и

безопасность сварки. При этом по финансовому показателю предлагаемая технология значительно уступает ручной дуговой сварке (аналогу 1), так как в ней применяется довольно дорогостоящее оборудование и материалы. Однако в дальнейшем их стоимость довольно быстро окупится, так как сварочные работы – это дорогостоящий процесс

7 Социальная ответственность

7.1 Описание рабочего места

В данной выпускной квалификационной работе описывается сборка и сварка неповоротных кольцевых стыков труб. По выбранному способу сварки производится механизированная сварка проволокой сплошного сечения и порошковой проволокой. Сварку производят в универсальной палатке сварщика ПС-УМ.

В составе сварочного оборудования используется механизм подачи проволоки LN – 25, сварочный источник питания Lincoln Electric Flextec 500. Для неразрушающего контроля используются: визуальный и измерительный, ультразвуковой, радиографический и капиллярный методы.

7.2 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

7.2.1 Специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства

Наиболее безопасные условия труда для всех работников предприятия достигаются за счёт формализации всех технологических и производственных процессов, подробного их описания в правилах, разных регламентах и инструкциях по охране труда.

Залогом существенного уменьшения вероятности возникновения заболеваний, травм и аварийных ситуаций является своевременное проведение инструктажей и стабильный контроль за выполнением требований охраны труда.

Основным нормативным актом, определяющий и описывающий общие требования безопасности при выполнении должностных обязанностей рабочими являются инструкции, базирующиеся на основе:

- положений «Стандартов безопасности труда»;
- законов о труде РФ;
- пунктов ЕСТД («Единая система техдокументации»);

- норм и правил отраслевой производственной санитарии и безопасности труда;
- технологической документации;
- типовых инструкций по охране труда;
- инструкций по эксплуатации и паспортов оборудования и агрегатов, которые используются в организации.

Основы законодательства Российской Федерации об охране труда определяют гарантии права рабочих на охрану труда и гарантируют единый порядок регулирования отношений в области охраны труда между работниками и работодателем на предприятии, в организациях и учреждениях любых форм собственности независимо от сферы деятельности и ведомственной подчиненности.

Из всех законодательных актов по охране труда наибольшую значимость имеет Конституция РФ, Трудовой Кодекс РФ, который устанавливает основные гарантии в обеспечении охраны труда, Федеральный закон от 24.07.1998 №125 – ФЗ «Об обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний», Федеральный закон от 21.12.1994 №69 – ФЗ «О пожарной безопасности». Из подзаконных актов можно выделить следующие 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:

- ГОСТ 12.2.049-80 ССБТ. Оборудование производственное. Общие эргономические требования;
- ГОСТ 12.2.033-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования;
- ГОСТ 12.3.003-86 ССБТ. Работы электросварочные. Требования безопасности;

- ГОСТ 12.1.030-81. ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление.

7.2 Профессиональная социальная безопасность

7.2.1 Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении сварочных работ

Сборка и сварка трубопроводов характеризуется присутствием вредных и опасных факторов.

Выполним анализ вредных и опасных факторов для производства данной сварной конструкции.

1. Низкое качество воздуха в рабочей зоне.

При сварке в полевых условиях и дальнейшем радиографическом контроле рабочие могут быть подвержены следующим вредным и опасным факторам [25]:

- Пожароопасность;
- Ультрафиолетовое и инфракрасное излучение;
- Запыленность и загазованность воздуха рабочего места;
- Психофизиологические нагрузки на рабочего;
- Опасность поражения электрическим током.

При производстве трубопроводов с использованием дуговой сварки в окружающую среду выделяется до 185 мг/м^3 пыли с содержанием марганца до 13,8%, диоксида углерода до 0,5-0,64%, озона до $0,35 \text{ мг/м}^3$, окислов азота до 8 мг/м^3 , СО до 165 мг/м^3 . Содержание в воздухе пыли и аэрозолей не превышает предельно допустимую норму, так как работы выполняются на открытом воздухе и не требуют дополнительной вентиляции воздуха.

Окислы азота и озон, которые образуются в результате действия ионизирующего излучения, не представляют опасности, так как растворяются в огромном объёме окружающего воздуха.

2. Производственный шум

При производстве сварных конструкций источником шума являются:

- Сварочная дуга
- Подающий механизм
- Источник питания
- Слесарный инструмент: УШМ, щётки.

Любой нежелательный звук, воспринимаемый человеком принято называть шумом. Шум характеризуется хаотичным сочетанием звуков различной интенсивности и частоты. Уровень звукового давления является основной характеристикой шума [26].

Нормы уровня шума на рабочих местах регламентируются 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». Нормы звукового давления (дБ) и уровень звука (дБА) следующие: уровень звукового давления 69-95дБ при среднегеометрической частоте октавных полос 63-8000 Гц, уровень звука – 80 дБА.

Органы слуха рекомендуется защищать с помощью берушей или противошумовых наушников.

3. Статические нагрузки на конечности

При сварочных работах возникает статическая нагрузка на руки сварщика, из-за чего увеличивается риск заболевания нервно-мышечного аппарата плечевого пояса. Сварочные работы принадлежат к категории физических работ средней тяжести с энергозатратами 174 – 294 Вт (151 – 250 ккал/ч) [27].

Статичная нагрузка при проведении сварочных работ возникает из-за необходимости держать сварочную горелку в течении довольно длительного времени. Для снижения влияния данного фактора предлагается применять сборочно-сварочное приспособление.

4. Инфракрасное, ультрафиолетовое и видимое излучение сварочной дуги. Инфракрасное излучение свариваемого металла и сварочной ванны.

При производстве сварных конструкций работники которые находятся около раскаленных поверхностей подвергаются воздействию инфракрасного излучения.

Сварочная дуга излучает ослепительные световые лучи и невидимые ультрафиолетовые и инфракрасные лучи. Видимые лучи ослепляют, так как их яркость намного превышает допустимый человеческим глазом порог. Короткие ультрафиолетовые лучи даже за небольшой промежуток времени могут вызвать электроофтальмию. Инфракрасные и ультрафиолетовые лучи, испускаемые сварочной дугой пагубно, воздействуют на роговую и сетчатую оболочки глаз. Долгое влияние на незащищённые глаза (5 – 7 минут) порождает через полтора – два часа сильные боли в глазах, светобоязнь, слезотечение и спазмы век. Воздействие ультрафиолетовых лучей на протяжении одного – трёх часов вызывает ожог кожи сравнимый солнечным ожогом. Невидимое инфракрасное излучение, испускаемое сварочной дугой, при длительном воздействии на глаза вызывает потерю зрения. Для защиты глаз используются специальные стёкла, поглощающие полностью ультрафиолетовое излучение.

5. Вибрация

Вибрация – это механическое колебательное движение. По способу передачи вибрация делится на локальную и общую. Локальная передаётся через руки при работе с ручными машинами или органами управления, общая передаётся через опорные поверхности.

7.3 Обоснование мероприятий по снижению уровней воздействия опасных и вредных факторов на сварщика

Для защиты лица и глаз сварных применяются сварочные щитки и маски. В сварочных щитках и масках для защиты глаз от ослепляющих лучей сварочной дуги, ультрафиолетовых и инфракрасных лучей используются специальные защитные светофильтры, которые выбираются в зависимости от силы сварочного тока.

Для защиты шеи и лица сварщика от брызг расплавленного металла и вредных излучений сварочной дуги используется маски из фибры.

По ГОСТ 12.4.250-2019 для защиты тела сварщика от искр и брызг расплавленного металла, а также теплового излучения должны применяться специальный костюм, брюки и рукавицы, которые изготавливаются из брезента. Специальные ботинки служат для защиты ног сварщика от искр и капель расплавленного металла. Для предотвращения затекания брызг раскаленного металла костюмы должны иметь гладкий покррой, а брюки следует носить навыпуск [28].

Ещё одним вредным фактором выступает ионизирующее излучение. При работе с рентгеновскими аппаратами нужно руководствоваться «Основными санитарными правилами обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99/2010), «Санитарными правилами и нормативами» (СанПиН 2.6.1.1192-03), «Нормами радиационной безопасности» (НРБ-99/2009) и инструкциями по эксплуатации аппаратов.

Для защиты от ионизирующего излучения применяются следующие меры:

- Защита расстоянием, то есть отдалением от источника излучения на безопасное расстояние;
- Защита временем, то есть ограничением времени действия ионизирующего излучения;
- Использование барьеров и преград из поглощающих излучение материалов.

Как правило используется комбинации всех трёх видов защит от ионизирующего излучения, либо при невозможности применения одного из видов защит, их попарное использование.

При рентгенографическом контроле в полевых условиях применяется защита расстоянием. Безопасное расстояние для персонала группы А составляет 20 метров, а для персонала группы Б – 100 метров.

7.4 Электробезопасность

ГОСТ 12.2.003-91 регламентирует общие требования безопасности к производственному оборудованию. В нём определены требования к основным элементам конструкции, средствам защиты и органам управления, которые входят в конструкцию производственного оборудования любого вида и назначения.

Защитное заземление применяют для защиты от поражения электрическим током. Защитное заземление – это преднамеренное электрическое соединение с землей или ее эквивалентом металлических нетоковедущих частей, которые могут оказаться под напряжением вследствие замыкания на корпус и по другим причинам (индуктивное влияние соседних токоведущих частей, вынос потенциала, разряд молнии и т. п.). Защитное заземление позволяет снизить напряжение между оборудованием и землей до безопасного порога.

Для заземления в полевых условиях применяют естественные заземлители: металлические конструкции зданий и сооружений, имеющие соединение с землей, обсадные трубы, металлические шпунты гидротехнических сооружений и т.д.

Сопротивление растекания контура заземления в сети 0,4 кВ, должно быть не более 4 Ом.

Для заземления применяются вертикально забитые уголки или трубы длиной не менее 2х метров.

7.5 Экологическая безопасность

7.5.1 Анализ влияния процесса исследования на окружающую среду

В ходе сварочного процесса выделяются токсичные и вредные вещества, в том числе их оксиды и соединения. В следствии того, что сварка магистральных трубопроводов выполняется в полевых условиях, то

возможности охраны окружающей среды ограничены. Но при применении кабины в механизированной сварке есть возможность установки фильтра очистки во избежание вредных выбросов в атмосферу.

При проведении сварочных работ рядом с лесом обязательно наличие вблизи сварщика не менее двух огнетушителей и ящика с песком, для недопущения возгорания лесного массива.

7.6 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Для предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций и пожарной безопасности на предприятии необходим отдел по гражданской обороне и чрезвычайным ситуациям.

В своей работе отдел руководствуется: законами Российской Федерации, Постановлениями Правительства Российской Федерации, уставом, положениями и приказами организации, приказами и распоряжениями МЧС Российской Федерации.

В основные функции отдела входят:

- Организация и проведение спасательных и других неотложных работ в зонах чрезвычайных ситуаций;
- Прогнозирование и оценка возможных последствий при возникновении разливов нефти и нефтепродуктов на территорию промплощадки, санитарно – защитной зоны и разработка мероприятий по их защите;
- Организация накопления, хранения и поддержания в готовности индивидуальных средств защиты, специального имущества и материалов гражданской обороны;
- Организация, обновление и поддержание в постоянной готовности локальных и объектовых систем оповещения, систем управления и связи.

Вывод. При организации труда необходимо разрабатывать и внедрять мероприятия по созданию благоприятного микроклимата в коллективе, так как при работе на участке работники нервно – психологические перегрузки, эмоциональные перегрузки, монотонность труда и т.п.

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.

Одним из важных психофизиологических средств повышения производительности труда является создание дружеских, благоприятных отношений в коллективе.

Устранение отрицательных эмоций предупреждает не только развитие утомления, но и появление нервных и сердечно-сосудистых заболеваний.

Для уменьшения пагубного воздействия психофизиологических факторов производственной опасности рекомендуется проведение следующих мероприятий:

- Организация отдыха в ходе работы;
- Установление рационального интервала труда и отдыха;
- Рациональное распределение функций между человеком и техническими устройствами.

Заключение

В данной выпускной квалификационной работе проведена разработка технологии сборки и сварки неповоротных кольцевых стыков труб диаметром 1420 мм и толщиной стенки 15,7 мм.

В ВКР проведена работа по выбору наилучшего способа сварки для полевых условий строительства магистральных трубопроводов. Механизированная сварка в защитных газах проволокой сплошного сечения была предложена для сварки корневого слоя шва, а для выполнения заполняющих и облицовочного слоев механизированную сварку порошковой самозащитной проволокой.

Также представлены четыре неразрушающих метода контроля качества сварных соединений.

Разработаны мероприятия по охране окружающей среды, по технике безопасности и охране труда при строительстве магистральных трубопроводов.

Представлен технико-экономический анализ разработанного технологического процесса изготовления неповоротных кольцевых стыков труб.

Список используемых источников

1. СТО Газпром 2-2.2-115-2007 – Инструкция по сварке магистральных газопроводов с рабочим давлением до 9,8 МПа включительно
2. СНиП 2.05.06-85*- Магистральные трубопроводы.
3. РД-08.00-60.30.00-КТН-050-1-05 Руководящий документ сварка при строительстве и капитальном ремонте магистральных нефтепроводов.
4. Сварка в машиностроении: Справочник в 4-х томах / Редкол.: Г.А.Николаев и др.- М.: Машиностроение, 1978. – Т.2 / Под ред. А.И. Акулова, 1978. – 462 с.
5. Pipeliner-80S [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.lincolnelectric.com/assets/global/Products/Consumable_MIGGMAWires-Pipeliner-Pipeliner-80S-G/c110016.pdf свободный. Дата обращения: 15.05.2021.
6. Системы кислого и основного шлака [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.esabna.com/euweb/awtc/lesson3_18.htm свободный. Дата обращения: 11.05.2021.
7. What is the STT Welding Technology? [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://doublegood.com.vn/en/what-is-the-stt-welding-technology/> свободный. Дата обращения: 11.05.2021.
8. What is Metal Inert Gas (MIG) Welding? [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.twi-global.com/technical-knowledge/job-knowledge/mig-welding-004#:~:text=What%20is%20Metal%20Inert%20Gas,pool%20from%20a%20welding%20gun.&text=The%20gun%20feeds%20a%20shielding,weld%20pool%20from%20airborne%20contaminants> свободный. Дата обращения: 15.05.2021.
9. LB-62U [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.welding.su/catalog/electrode/electrody_177.html свободный. Дата обращения: 15.05.2021.

10. What is GMAW – STT? [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://shipbuildingknowledge.wordpress.com/2019/07/12/what-is-gmaw-stt/> свободный. Дата обращения: 11.05.2021.

11. РД 25.160.10-КТН-016-15. Магистральный трубопроводный транспорт нефти и нефтепродуктов. Неразрушающий контроль сварных соединений при строительстве и ремонте магистральных трубопроводов.

12. А.И. Акулов, Т. А Бельчук., В. П. Демянцевич «Технология и оборудование сварки плавлением». М., Машиностроение, 1977. -432с.

13. Порошковая проволока innershield [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.lincolnweld.ru/products/Katalog/Svarochnye_materialy/Provoloki_poroshkovye_gazozaschitnye_i_samozaschit/Samozaschitnye_poroshkovye_provoloki/Samozaschitnaya_provoloka_innershield_kak_eto_rabo свободный. Дата обращения: 11.05.2021.

14. Порошковая проволока Innershield® NR®-203Ni1[Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.lincolnweld.ru/files/uploads/files/innershield%20nr%20203%20ni1.pdf> свободный. Дата обращения: 11.05.2021.

15. «Сварка в машиностроении»: Справочник в 4-х т./Редкол.: Г.А. Николаев (пред.) и др.–М.: Машиностроение,1979–Т.3/Под ред. В.А. Винокурова. 1979.–567 с.

16. INVERTEC®: STT II [Электронный ресурс]. Режим доступа: [https://www.lincolnelectric.com/ru-equipment/Pages/product.aspx?product=K1526-2\(LincolnElectric\)](https://www.lincolnelectric.com/ru-equipment/Pages/product.aspx?product=K1526-2(LincolnElectric)) свободный. Дата обращения: 15.05.2021.

17. LN-25 PRO [Электронный ресурс]. Режим доступа: [https://www.lincolnelectric.com/ru-Equipment/Pages/product.aspx?product=K2613-5\(LincolnElectric\)](https://www.lincolnelectric.com/ru-Equipment/Pages/product.aspx?product=K2613-5(LincolnElectric)) свободный. Дата обращения: 15.05.2021.

18. Magnum 300 [Электронный ресурс]. Режим доступа: [https://www.lincolnelectric.com/en-za/equipment/Pages/product.aspx?product=Products_GunTorch_GunsandTorches-Magnum-Magnum300035-045Liner\(LincolnElectric\)&producttype=gt](https://www.lincolnelectric.com/en-za/equipment/Pages/product.aspx?product=Products_GunTorch_GunsandTorches-Magnum-Magnum300035-045Liner(LincolnElectric)&producttype=gt) свободный. Дата обращения: 15.05.2021.
19. FLEXTEC® 500 [Электронный ресурс]. Режим доступа: [https://www.lincolnelectric.com/ru-ru/equipment/Pages/product.aspx?product=K4091-1\(LincolnElectric\)](https://www.lincolnelectric.com/ru-ru/equipment/Pages/product.aspx?product=K4091-1(LincolnElectric)) свободный. Дата обращения: 15.05.2021.
20. Центратор ЦВ-147 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://xn--80acic6ajioccpcep6a7l.xn--plai/tsentratory-vnutrennie-gidravlicheskie-tsv/tsentrator-vnutrennij-gidravlicheskij-tsv-147> свободный. Дата обращения: 15.05.2021.
21. Технология STT [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.lincolnweld.ru/news/2805/> свободный. Дата обращения: 28.04.2021.
22. ППЧ-20-10 (установка предварительного подогрева стыков) [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://katran.pro/catalog/product/ppch_20_10_ustanovka_predvaritelnogo_podogrev_a_stykov/ свободный. Дата обращения: 11.05.2021.
23. ГВ «Кольцо» 1420 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://prome-tech.ru/950-gorelki-gazovozdushnye-koltsevye/1852-gorelka-gazovozdushnaya-gv-koltso-1020-1420> свободный. Дата обращения: 15.05.2021.
24. СТО Газпром 2–2.2–136–2007. Инструкция по технологиям сварки при строительстве и ремонте промышленных и магистральных газопроводов.
25. ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.
26. Куликов О.Н. Охрана труда при производстве сварочных работ.: Академия, 2006 – 176 с.

27. П.П. Кукин, В.Л. Лапин. Е.А. Подгорных и др. Безопасность жизнедеятельности. Безопасность технологических процессов и производств (Охрана труда). Учеб. пособие для вузов / М.: Высшая школа, 2004. – 298 с.

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

Приложение А

(обязательное)

Операционная технологическая карта сборки и сварки порошковой проволокой неповоротных кольцевых стыковых соединений труб Ø1420x15,7 мм класса прочности К60 (для производства работ)

| ОПЕРАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА | | | | | | | |
|---|-------------|---------------------------|-----------------|--|--|--|--|
| сборки и сварки порошковой проволокой неповоротных кольцевых стыковых соединений труб Ø1420x15,7 мм класса прочности К60 (для производства работ) | | | | | | | |
| Организация | | Наименование трубопровода | | | Способ сварки | Конструктивные элементы сварных соединений | Шифр карты |
| | | | | | МП+МПС | Труба+труба | ТК-СС-МП-01 |
| Характеристика труб и элементов | | | | | Предварительный подогрев | Параметры разделки кромок и сварного шва | Сварочные материалы |
| Номер ТУ, ГОСТа, марка стали | Диаметр, мм | Толщина стенки, мм | Класс прочности | Нормативное значение временного сопротивления разрыву, МПа | Нормативный эквивалент углерода, (Сэкв) % | | <p>1). Сварочная проволока Pipeliner 80S-G диаметр 1,2 мм (корневой слой шва).</p> <p>2). Сварочная проволока NR-203Ni1 (1%) диаметр 2 мм (заполняющие и облицовочный слои шва).</p> |
| Труба: 10Г2ФБЮ ТУ 14-156-77-2008 | 1420 | 15,7 | К60 | 590 | С _{ПВ} | С _{Рсн} | |
| Труба: 10Г2ФБЮ ТУ 14-156-77-2008 | 1420 | 15,7 | К60 | 590 | ≤0,43 | ≤0,18 | |
| | | | | | <p>Произвести равномерный предварительный подогрев до температуры +100⁺³⁰ °С независимо от температуры окружающего воздуха.</p> <p>Ширина зоны равномерного нагрева не менее 150 мм (не менее 75 мм в каждую сторону от свариваемых кромок)</p> | | <p>Минимальное количество слоёв – 6</p> |

Шифр ТК-СС-МП-01

1стр. из 6 стр.

| Режимы механизированной сварки корневого слоя шва | | | | | | | Дополнительные требования и рекомендации |
|--|------------------------------------|----------------------|----------------|------------------|----------------------------------|--------------------|---|
| Направление сварки | Скорость подачи проволоки *, м/мин | Род тока, полярность | Пиковый ток, А | Базовый ток, А | Вылет электрода, мм | Расход газа, л/мин | |
| На спуск | 2,3-4,05 | обратная | 400-430 | 50-55 | 10-15 | 10-16 | |
| <p>* В положении от 0⁰⁰ до 1⁰⁰ ч сварка осуществляется с поперечными колебаниями без задержки на кромках при скорости подачи проволоки 2,3-3,05 м/мин, в положении от 1⁰⁰ до 6⁰⁰ ч без поперечных колебаний при скорости подачи проволоки 3,3-4,05 м/мин.</p> <p>Скорость изменения заднего фронта импульса 0. Установка параметра горячего старта 2 или 3.</p> <p>Угол наклона электрода (назад): в положении 0⁰⁰ ч от 10° до 20°, в положении 0⁰⁰ до 1⁰⁰ ч от 30° до 45°, в положении 1⁰⁰ до 4⁰⁰ ч от 20° до 45°, в положении 4⁰⁰ до 5⁰⁰ ч постепенно уменьшать до нуля, в положении 5⁰⁰ до 6⁰⁰ ч от 5° до 10°.</p> | | | | | | | |
| Режимы сварки заполняющих и облицовочного слоев шва | | | | | | | |
| Сварочные слои | Направление сварки | Диаметр, мм | Полярность | Сварочный ток, А | Скорость подачи проволоки, м/мин | Напряжение, В | |
| Заполняющие | На спуск | 2,0 | Прямая | - | 2-2,8 | 18,5-21,5 | |
| Корректирующей | На спуск | 2,0 | Прямая | - | 2-2,3 | 17,5-19,5 | |
| Облицовочный | На спуск | 2,0 | Прямая | - | 2-2,3 | 17,5-19,5 | |
| <p>При сварке порошковой проволокой следует строго соблюдать соотношение между скоростью подачи проволоки и напряжением.</p> | | | | | | | |
| | | | | | | | <ol style="list-style-type: none"> 1. Допустимые отклонения толщины стенки 21,7±2,7 м по ТУ 14-156-77-2008. 2. Направление сварки для корневого, заполняющих и облицовочного слоев шва – «на спуск»; подварочного слоя шва – «на подъем». 3. Сварка каждого слоя шва выполняется одновременно не менее чем 2 сварщиками. 4. Сборку кольцевого сварного соединения труб следует производить с использованием внутреннего гидравлического центризатора без прихваток. В случае невозможности осуществления сварки без прихваток их количество должно быть не менее 4, а длина 100-200 мм каждая. Режим сварки – как для корневого слоя шва. Прихватки должны располагаться на расстоянии не менее 100 мм от заводских швов труб. Во время сварки корневого слоя шва прихватки должны быть полностью удалены механическим способом с помощью шлифмашинки. 5. Не допускается перемешать или подвергать любым внешним воздействиям трубы до полного завершения сварки соединения. 6. Разрешается оставлять незаконченными сварные соединения в случае, если высота сварного шва составляет не менее 2/3 толщины стенки трубы. 7. Температура на кромках труб перед сваркой корневого слоя шва (выполнения прихваток) должна быть не ниже установленного для каждой толщины стенки номинального значения. 8. Межслойная температура должна составлять не менее 50°С и не более 250 °С. В случае остывания сварного соединения ниже +50°С произвести сопутствующий подогрев до +100⁺³⁰°С. 9. Усиление облицовочного слоя по периметру межваликовой канавки должно составлять не менее 1,0 мм. Глубина межваликовой канавки должна составлять не более 1,0 мм. Высота усиления по периметру центральной оси каждого прохода (валика) облицовочного слоя не должна превышать 3,0 мм. 10. Изменение ширины облицовочного слоя на одном сварном соединении не должно превышать 5 мм. 11. Возбуждение дуги при сварке следует выполнять только на поверхности разделки свариваемых кромок или на поверхности ранее выполненном сварном слое шва. Запрещается зажигать дугу на поверхности металла труб. Присоединение обратного кабеля должно обеспечивать токоподвод преимущественно в разделку кромок элементов. Не допускается приваривать к телу трубы какие-либо крепежные элементы обратного кабеля. 12. Перед выполнением облицовочного слоя следует недозаполнить разделку на 1–2 мм в нижнем и потолочном положениях. 13. При проведении работ не должна нарушаться целостность изоляции. 14. На изоляционном покрытии (на расстоянии от 100 до 150 мм от края изоляции) маркером или несмываемой краской должно быть нанесено клеймо/шифр бригады сварщиков, выполнявших сварку соединения трубы. 15. Не допускается приваривать обратный кабель к телу трубы. 16. Порошковая проволока (при отсутствии прямого попадания влаги) не требует прокалки перед использованием. |

| ПЕРЕЧЕНЬ И ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ОПЕРАЦИЙ СБОРКИ И СВАРКИ | | | |
|---|--------------------------|---|--|
| № п/п | Операция | Содержание операций | Оборудование и инструмент |
| 1 | Очистка труб | <p>Внутреннюю и наружную неизолированную поверхности труб очистить от земли, снега, наледи и других загрязнений. При очистке внутренней полости труб не должна быть нарушена целостность внутреннего гладкостного покрытия.</p> | <p>Металлическая щетка LONGNECK-® STAINLESS STEEL кол-во 2шт</p> |
| 2 | Подготовка кромок | <p>Осмотреть кромки соединяемых элементов, а также прилегающие к ним наружные и внутренние поверхности. На наружных и внутренних поверхностях, торцах труб и СДТ не допускаются трещины, рванины, закаты, расслоения, вкатанные окислы.</p> <p>Устранить шлифованием царапины, риски, задиры на поверхности труб глубиной до 5% от нормативной толщины труб, при этом толщина стенки не должна быть выведена за пределы минусового допуска для труб по ТУ. Устранить шлифованием с плавным переходом к основному металлу трубы задиры, риски и царапины глубиной до 0,2 мм без ограничения протяженности, а также глубиной не более 0,4 мм и длиной не более 150 мм. Места зачистки не должны выводить остаточную толщину стенки трубы за пределы минусового допуска по ТУ.</p> <p>Для СДТ (тройников, ОГ, ДШ) предельные отклонения (минусовой допуск) не должен превышать 15% номинальной толщины стенки.</p> <p>Замер толщины стенки на участках поверхности труб и СДТ, подвергнутых зачистке (зашлифовке), производить с помощью ультразвукового толщиномера. Шероховатость поверхности труб и СДТ после механической зачистки должна быть не более Rz40.</p> <p>Не допускается выполнять ремонт сваркой основного металла тела труб и СДТ.</p> <p>Трубы и СДТ с недопустимыми дефектами на свариваемых кромках, а также на внутренней и наружной поверхности на расстоянии менее 40 мм от торцов к сборке не допускаются. Поврежденный участок трубы должен быть обрезан, а резаные торцы должны быть обработаны специализированным станком до восстановления требуемой разделки кромок. При этом металл резаных кромок должен быть удален станком на глубину не менее 1,0 мм.</p> <p>После обрезки (вырезки) участка трубы с недопустимыми дефектами с целью выявления возможных расслоений необходимо выполнить ультразвуковой контроль сплошным сканированием всего периметра участка трубы, прилегающего к торцу на ширине не менее 40 мм. Если в процессе УЗК выявлено наличие расслоений, необходимо обрезать трубу на расстоянии не менее 300 мм от торца и произвести повторный контроль всего периметра трубы.</p> <p>Наружное усиление заводского шва снять с поверхности трубы и СДТ до высоты 0,5 – 1,0 мм на расстоянии 10-15 мм от торца.</p> <p>Зачистить до чистого металла кромки и прилегающие к кромкам внутреннюю и наружную поверхности труб и СДТ на ширину не менее 15 мм без нарушения внутреннего гладкого покрытия элементов.</p> | <p>Ультразвуковой толщиномер Olympus 45MG, универсальный шаблон сварщика УШС- 3, линейка 300, штангенциркуль ШЦ-2, Углошлифовальная машина Makita GA 6040 R (GA6040R) - 2 шт с набором абразивных кругов и дисковых проволочных щеток, орбитальная газовая резка, станок подготовки кромки, контактный термометр или пирометр, ультразвуковой дефектоскоп А1212 MASTER</p> |

| | | | |
|---|----------------------------|--|---|
| 3 | Сборка соединения | <p>Осуществить сборку стыкового соединения на внутреннем центраторе с зазором 2,5-3,5 мм. Заводские швы смещать относительно друг друга на расстояние не менее 100 мм. Заводские швы рекомендуется располагать в верхней половине периметра.</p> <p>Наружное смещение кромок соединений труб не должно превышать 2,0 мм, допускаются локальные смещения кромок до 3,0 мм при общей протяженности участков с указанным смещением не более 1/6 периметра свариваемого соединения.</p> <p>Не допускается для установления необходимых параметров сборки зазора, смещения кромок применять ударный инструмент.</p> | <p>Внутренний центратор ЦВ147, универсальный шаблон сварщика УШС-3, линейка 300</p> |
| 4 | Подогрев соединения | <p>Установить на свариваемое соединение индукционный подогреватель и осуществить предварительный подогрев кромок стыкуемых труб и СДТ до температуры не менее $+100^{+30^{\circ}}\text{C}$ не зависимо от температуры окружающего воздуха. В случаях прекращения энергообеспечения или при выходе из строя установки индукционного нагрева, допускается выполнять нагрев газопламенными нагревательными устройствами (кольцевыми газовыми подогревателями) до возобновления энергообеспечения или замены вышедшего из строя оборудования, но не более, чем до конца рабочей смены или полного завершения сварного шва. Подогрев не должен нарушать целостность изоляции. При применении газопламенных нагревательных устройств (горелок) следует применять термоизолирующие пояса или боковые ограничители пламени. Максимальная температура нагрева элементов в месте начала заводского изоляционного покрытия труб и СДТ не должна превышать $120\pm 10^{\circ}\text{C}$.</p> <p>Контроль температуры выполнять непосредственно перед выполнением корневого слоя шва на наружной поверхности в местах, равномерно расположенных в каждой четверти по периметру сварного соединения на расстоянии от 10-15 мм и от 60-75 мм в обе стороны от свариваемых кромок соединения.</p> <p>В случае снижения температуры кромок в процессе сборки и сварки первого (корневого слоя шва) ниже температуры: $+100^{\circ}\text{C}$ необходимо выполнить подогрев до регламентированной температуры предварительного подогрева. Допускается при снижении температуры предварительного подогрева свариваемых кромок не более чем на 20°C выполнять подогрев газопламенными устройствами (ручными газовыми горелками, кольцевым газовым подогревателем).</p> <p>Снять подогреватель.</p> | <p>Установка индукционного подогрева ППЧ-20-10, кольцевой газовый подогреватель «Кольцо-1420» Джет, Термоизолирующий пояс ТЗП-1420, контактный термометр или пирометр</p> |

| | | | |
|---|--------|--|--|
| 5 | Сварка | <p>Выполнить сварку корневого слоя шва проволокой сплошного сечения в среде углекислого газа методом STT «на спуск» без прихваток. Сварка выполняется одновременно двумя сварщиками, при этом каждый сварщик сваривает один из полупериметров трубы.</p> <p>В месте начала выполнения корневого слоя шва вторым сварщиком (положение 0 ч) полностью вышлифовать первые 1–2 см шва, выполненные первым сварщиком, и далее сошлифовать до минимально возможной величины верхнюю часть шва на длине не менее 2 см для обеспечения плавного выхода на сварку второй полуокружности трубы.</p> <p>В месте выполнения «замка» вторым сварщиком (положение 6 ч) сошлифовать до минимально возможной толщины участок корневого слоя шва на длине не менее 2 см, выполненный первым сварщиком.</p> <p>Произвести тщательную обработку абразивным кругом поверхности корневого слоя шва.</p> <p>Провести визуальный контроль корневого слоя шва снаружи и внутри трубы. Усиление корневого слоя шва внутри трубы должно составлять 1-3 мм при ширине 8-10 мм.</p> <p>При необходимости провести ручную подварку дефектных участков, имеющих поверхностные дефекты, непровары, несплавления, электродами типа Э50А Ø 3,0–4,0 мм на постоянном токе обратной полярности. Сварочный ток: 80-110 А – при сварке электродами Ø 3,0 / 3,2 мм; 110-170 А – при сварке электродами Ø 4,0 мм. Подварочный слой должен иметь ширину 8-10 мм и усиление 1-3 мм.</p> <p>Выполнить сварку самозащитной порошковой проволокой «на спуск» первого и последующих заполняющих слоев шва.</p> <p>Места начала и окончания сварки каждого последующего слоя должны быть смещены относительно мест начала и окончания предыдущего слоя, при этом место начала сварки следует смещать на расстояние не менее 30 мм, место окончания сварки – на расстояние не менее 70 мм. При многопроходной сварке места начала и окончания сварки соседних проходов следует смещать друг от друга на расстояние не менее 30 мм. Производить послойную зачистку от шлака и брызг.</p> <p>По завершении каждого прохода производить послойную зачистку от шлака и брызг. При этом после выполнения первого заполняющего слоя зачистка производится абразивным кругом или дисковой проволочной щеткой, всех последующих слоев – дисковой проволочной щеткой.</p> <p>Перед наложением облицовочного слоя выполнить сварку порошковой проволокой корректирующего слоя в положениях $1^{30} + 4^{30}$ ч и $9^{30} + 7^{30}$ ч (ориентировочно). Расположение корректирующего слоя зависит от толщины стенки труб и особенности заполнения разделки каждым сварщиком.</p> <p>Выполнить сварку порошковой проволокой облицовочного слоя шва.</p> <p>В процессе сварки должен осуществляться пооперационный внешний осмотр качества выполнения каждого слоя шва. При этом видимые поверхностные дефекты слоев шва должны устраняться по мере их выявления.</p> <p>Выравнивать шлифмашинкой видимые грубые участки поверхности облицовочного слоя шва и зачистить набором дисковых проволочных щеток прилегающую к нему поверхность труб на расстоянии не менее 15 мм от шлака и брызг.</p> <p>После окончания сварки, сварное соединение при температуре окружающего воздуха ниже +50С и/или наличии осадков следует накрыть термоизолирующим поясом до полного остывания.</p> <p>Маркировку (клеймение) кольцевых швов соединений труб следует выполнять маркерами или несмываемой краской на наружной поверхности трубы на расстоянии от 100 мм до 150 мм от края изоляции.</p> | <p>Источник питания Invertec® STT® П, Механизм подачи проволоки Power Feed®26 и LN-25 кол-во 2 шт, Источник питания FLEXTEC® 500 Pro кол-во 2 шт, K350-1 комплект адаптера LN-25 для 14-пин соединения кол-во 2 шт, Внутренний центратор ЦВ-147 кол-во 1шт, Углошлифовальная машина Makita GA 6040 R - 2 шт с набором абразивных кругов и дисковых проволочных щеток, установка индукционного подогрева, кольцевой газовый подогреватель, контактный термометр или пирометр, металлическая щетка LONGNECK-® STAINLESS STEEL 2 шт, шаблон сварщика УЩС-3, термопенал сварщика, термопояс, маркер.</p> |
|---|--------|--|--|

| | | | |
|--|-------------------|--|--|
| 6 | Контроль качества | <p>В процессе выполнения сборочно-сварочных работ выполнять пооперационный контроль качества. Провести неразрушающий контроль. Объёмы и методы неразрушающего контроля осуществить согласно НТД.</p> | Оборудование и приборы ЛНК |
| <p>Карта разработана:</p> <p>_____</p> <p>« ____ » _____ 20 г.</p> | | <p>Согласовано:</p> <p>_____</p> <p>« ____ » _____ 20 г.</p> | <p>Утверждаю:</p> <p>_____</p> <p>« ____ » _____ 20 г.</p> |

Приложение В

(обязательное)

Операционная технологическая карта ультразвукового контроля сварных соединений

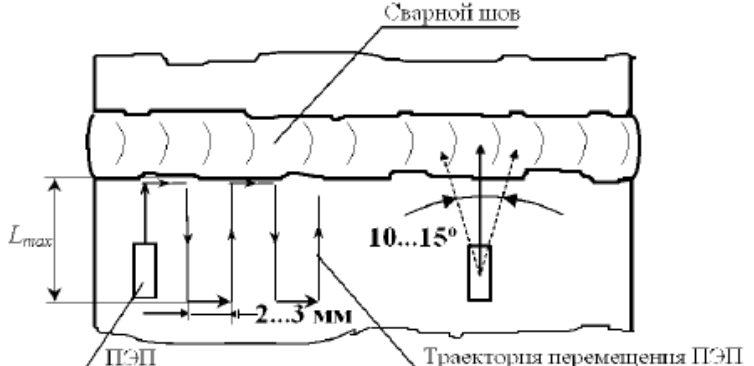
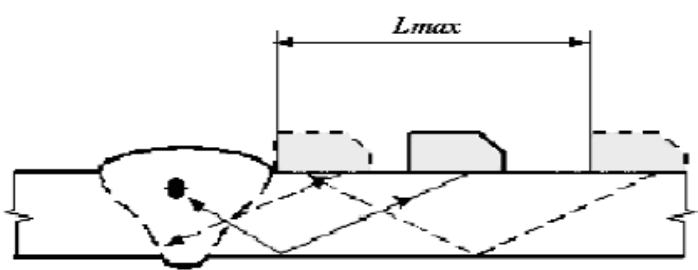
«Согласовано»

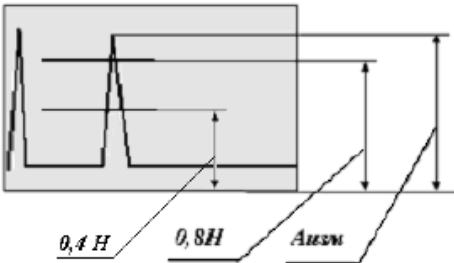
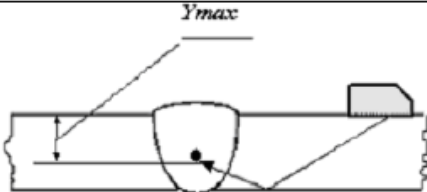
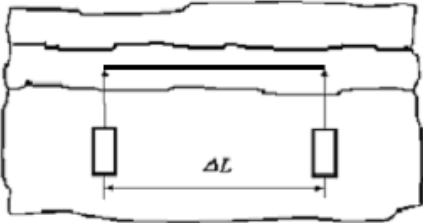
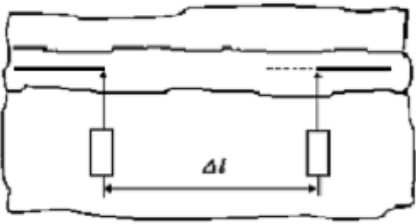
«Утверждаю»

« _____ » _____ 2021 г.

« _____ » _____ 2021 г.

| ОПЕРАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА УЛЬТРАЗВУКОВОГО КОНТРОЛЯ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ | | | | | | | | | | ШИФР ТК-ТР-УЗК-01-01 | |
|---|--|----------------------------|---|--------------------|--------------------|-----------------|-----------------|---|-----|------------------------------------|--|
| НАИМЕНОВАНИЕ ПРЕДПРИЯТИЯ: | | | | | | | | | | | |
| НАИМЕНОВАНИЕ ОБЪЕКТА: | | | | | | | | | | | |
| НОРМАТИВНЫЕ ДОКУМЕНТЫ: | | | ГОСТ Р 55724-2013; РД 25.160.10-КТН-016-15 | | | | | | | | |
| 1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ | | | | | | | | | | | |
| ОБЪЕКТ КОНТРОЛЯ | | | ДЕФЕКТОСКОП | ПАРАМЕТРЫ КОНТРОЛЯ | | | | | | | |
| Номи- нальный Ø трубы | Номи- нальная толщина стенки, S | Тип сварного соединения | A1212 MASTER | Тип ПЭП | Рабочая частота | Угол ввода α | Стрела ПЭП n | Предельная чувствительность по отражателю, размер зарубки (площадь или диаметр отверстия) | | Поисковая чувствитель- ность | Скорость перемещения ПЭП, не более |
| | | | | | МГц | град | мм | мм | | дБ | мм/с |
| 1420 | 15,7 | Стыковое, МП+МПС | | П121-2,5-65° | 2,5 | 65 | 12 | 2,0 | 2,0 | -6 дБ | 100 |
| 2. ПОДГОТОВКА К КОНТРОЛЮ | | | | | | | | | | | |
| Наименование операции: | | | Содержание операции: | | | | | | | | |
| Подготовка к проведению контроля | | | - Получить задание на контроль с указанием типа и номера сварного соединения и его расположения на контролируемом объекте, параметров соединения и его элементов; ознакомиться с настоящей технологической картой, конструкцией и особенностями технологии выполнения сварных соединений в части способа сварки, с результатами предыдущего контроля. - Проверить: <ul style="list-style-type: none"> - обеспечение доступа к сварному соединению для беспрепятственного сканирования околошовной зоны; - качество очистки зоны контроля 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, размер очищенной околошовной зоны; - чистоту обработки поверхности околошовной зоны - должна быть не хуже Ra 6,3 (Rz 40); - ширину подготавливаемой зоны с каждой стороны шва – 120 мм. | | | | | | | | |
| | | | - Произвести разметку контролируемого соединения. Отметить точку начала сканирования. Наложить мерный пояс. - Нанести контактную жидкость в соответствии с температурой окружающего воздуха. | | | | | | | | |

| | |
|-----------------------------------|--|
| Настройка аппаратуры | <p>При помощи стандартных образцов СО-2, СО-3:</p> <ul style="list-style-type: none"> - проверить работоспособность дефектоскопа и технические параметры пьезоэлектрического преобразователя (ПЭП): точку выхода, угол ввода; - произвести настройку скорости развертки, глубиномера. <p>При помощи стандартного образца предприятия с отражателем типа «зарубка» произвести:</p> <ul style="list-style-type: none"> - настройку чувствительности; - настройку системы автоматической сигнализации дефектов (АСД) и уточнить настройку глубиномера. <p>Примечание - Скорость и задержку в призме откалибровать по двум эхо-сигналам от СО-3 (55 / 165 мм).</p> <p>Настройку дефектоскопа производить при температуре контроля.</p> <p>Манипуляции с органами управления дефектоскопа производить в соответствии с инструкцией по эксплуатации на дефектоскоп. При проведении контроля инструкция должна находиться на рабочем месте.</p> |
| Настройка уровня чувствительности | Используя функцию ВРЧ, установить амплитуду эхо-сигнала от обеих зарубок СОП равной 80 % высоты экрана |
| 3. ПРОВЕДЕНИЕ КОНТРОЛЯ | |
| Наименование операции: | Содержание операции: |
| Сканирование | <p>Установить поисковый уровень чувствительности, увеличив усиление на 6 дБ.</p> <p>Произвести сканирование путем возвратно-поступательного передвижения преобразователя вдоль шва в пределах от края валика усиления до L_{max}.</p> <p>Следить за обеспечением акустического контакта. Сканирование произвести с обеих сторон усиления шва.</p> <p>В процессе контроля периодически проверять настройку дефектоскопа по СОП не реже 1 раза в 1 час.</p> |
| Схема контроля | <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-start;"> <div style="text-align: center;">  </div> <div style="text-align: center;">  </div> </div> <p>$L_{max} = 2S \cdot \text{tg}\alpha - n + 3TB = 79,0$ мм. L_{max} – максимальное расстояние от передней грани преобразователя до границы усиления шва (ширина зоны сканирования)</p> |

| | |
|--|--|
| <p>Локализация дефекта</p> | <p>Признаком обнаружения дефекта служит срабатывание АСД и появление эхо-сигнала в пределах строб-импульса. Зафиксировать преобразователь в положении, соответствующем максимальному эхо-сигналу</p> |
| <p>4. ИЗМЕРЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ДЕФЕКТА</p> | |
| <p>Амплитуда эхо-сигнала Аизм</p> | <p>Амплитуду эхо-сигнала от дефекта Аизм измеряют относительно уровня, установленного при настройке браковочного уровня чувствительности (80% высоты экрана. Если Аизм 80 % высоты экрана, то дефект недопустим по амплитуде. Если 40% Аизм 80% высоты экрана, то дефект допустим по амплитуде, но подлежит фиксации и требуется его оценка по протяженности. Если Аизм < 40 %, то дефект допустимый и фиксации не требует.</p>  |
| <p>Наибольшая глубина залегания Y_{max}, мм</p> | <p>Измеряется на браковочном уровне чувствительности при максимальной амплитуде эхо-сигнала.</p>  |
| <p>Условная протяженность ΔL, мм</p> | <p>Измеряется линейкой как расстояние между крайними положениями преобразователя, перемещаемого вдоль шва и ориентированного перпендикулярно к нему. При этом крайними положениями преобразователя считают те, при которых амплитуда эхо-сигнала от дефекта уменьшается до уровня фиксации.</p>  |
| <p>Условное расстояние между дефектами Δl, мм</p> | <p>Измеряется линейкой на поисковом уровне чувствительности как расстояние между крайними положениями преобразователя, при которых была определена условная протяженность расположенных рядом дефектов.</p>  |

| | |
|---|---|
| Суммарная условная протяженность $\Sigma \Delta L$, мм | Определяется как сумма условных протяженностей дефектов на оценочном участке. Суммарная протяженность дефектов не должна превышать 1/6 периметра сварного соединения. |
|---|---|

5. КЛАССИФИКАЦИЯ ДЕФЕКТОВ

| Наименование дефектов по результатам УЗК | Условное обозначение | Классификационные признаки | Размеры дефекта | |
|---|----------------------|--|---|---|
| | | | Категория В, I | Категория II, III, IV |
| Любой дефект, амплитуда эхо-сигнала от которого превышает браковочный уровень, считают недопустимым | | | При амплитуде эхо-сигналов от дефектов ниже браковочного уровня их считают допустимыми, если: | |
| Непротяженные | SH | $\Delta L \leq 5$ мм | Не более 4 дефектов на длине 300 мм | не более 6 дефектов на длине 300 мм |
| Протяженные в сечении шва | LS | $\Delta L > 5$ мм, $Y_{\max} < 4,5$ мм | $1 \leq 12$ мм; $\Sigma_{300} \leq 25$ мм | $1 \leq 12$ мм; $\Sigma_{300} \leq 50$ мм |
| Протяженные в корне шва | LB | $\Delta L > 5$ мм, $Y_{\max} \geq 4,5$ мм | $1 \leq 6$ мм; $\Sigma_{300} \leq 25$ мм | $1 \leq 12$ мм; $\Sigma_{300} \leq 50$ мм |
| Скопление | CC | $\Delta L \leq 5$ мм, $\Delta l \leq 5$ мм | $1 \leq 6$ мм; $\Sigma_{300} \leq 30$ мм | $1 \leq 6$ мм; $\Sigma_{300} \leq 50$ мм |

6. ОПИСАНИЕ ВЫЯВЛЕННЫХ ДЕФЕКТОВ

| | |
|--|---|
| <p>При составлении заключений каждый дефект следует описывать отдельно. При сокращенном описании дефектов обозначают:</p> <ul style="list-style-type: none"> - буквами - вид дефекта (SH, LS, LB, CC). - буквами - допустимость дефекта по амплитудному признаку: <ul style="list-style-type: none"> а) Ад - при $A_{изм} \leq A_{этал}$; б) Ан - при $A_{изм} > A_{этал}$; - цифрами - координату начала дефекта (в мм) относительно точки начала сканирования; - цифрами - наибольшую глубину залегания дефекта Y_{max}, мм; - цифрами - условную протяженность ΔL, мм. Условную протяженность дефектов типа SH не указывают. <p>Обозначения отделяют друг от друга дефисом.</p> | <p><i>Примеры</i></p> <p>SH-Ад-170-3 – непротяженный дефект, отстоящий на 170 мм от точки начала сканирования, глубина залегания в шве - 3 мм, допустим.</p> <p>CC-Ан-568-4-25 – цепочка дефектов, отстоящая на 568 мм от точки начала сканирования, глубина залегания в шве - 4 мм, условная протяженность - 25 мм, недопустим по амплитуде эхо-сигнала.</p> <p>LS-Ад-1030-4-90 – протяженный дефект в сечении шва, отстоящий на 1030 мм от точки начала сканирования, глубина залегания в шве - 4 мм, условная протяженность – 90 мм, недопустим по условной протяженности.</p> <p>LB-Ан-2100-6-140 – протяженный дефект в корне шва, отстоящий на 2100 мм от точки начала сканирования, глубина залегания в шве - 6 мм, условная протяженность – 140 мм, недопустим по амплитуде эхо сигнала и условной протяженности.</p> |
| Составить заключение в соответствии с РД 25.160.10-КТН-016-15, Приложение В. Занести данные в журнал УЗК, РД 25.160.10-КТН-016-15 Приложение Е. | |

| | | | | | |
|-----------|-------------|---------|--------|------|-------------------------------------|
| Составил: | Зуйков П.А. | | | | |
| | должность | подпись | Ф.И.О. | Дата | № удостоверения, кем и когда выдано |
| Проверил: | должность | подпись | Ф.И.О. | Дата | № удостоверения, кем и когда выдано |

Приложение Г

(обязательное)

Операционная технологическая карта радиографического контроля сварных соединений

«Согласовано»

«Утверждаю»

« _____ » _____ 2021г.

« _____ » _____ 2021 г.

| ОПЕРАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА РАДИОГРАФИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ | | | | | | | | | | ШИФР ТК-ТР-РК-01-01 | |
|---|-------------------------------------|--|-----------------------------|-------------------------------------|---|--------------------------|---|-----------------------|---|------------------------|---|
| НАМЕНОВАНИЕ ПРЕДПРИЯТИЯ: | | | | | | | | | | | |
| НАИМЕНОВАНИЕ ОБЪЕКТА: | | | | | | | | | | | |
| НОРМАТИВНЫЕ ДОКУМЕНТЫ: | | ГОСТ 7512-82*, СП 86.13330.2014*, РД 25.160.10-КТН-016-15 | | | | | | | | | |
| 1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ | | | | | | | | | | | |
| ОБЪЕКТ КОНТРОЛЯ | | | | | ИСТОЧНИК ИЗЛУЧЕНИЯ | | СХЕМА ПРОСВЕЧИВАНИЯ ПАНОРАМНОЕ ПРОСВЕЧИВАНИЕ | | | | |
| ГОСТ на трубу | Номинальный диаметр трубы (d), мм | Номинальная толщина стенки (S), мм | Категория нефтепровода | Тип сварного соединения. Вид сварки | Рентгеновский аппарат ICM SITE-X C3005 с диапазоном регулировки анодных напряжений 90-300 кВ, с размером фокусного пятна 5,0x0,8 мм, анодным током 1,0-5,0 мА | | | | | | |
| ГОСТ 10706-76 | 1420 | 15,7 | II | стыковое, МП+МПС | | | | | | | |
| 2. МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ РАДИОГРАФИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ И РЕЖИМЫ ПРОСВЕЧИВАНИЯ | | | | | | | | | | | |
| ИСТОЧНИК ИЗЛУЧЕНИЯ | РАЗМЕР АКТИВНОЙ ЧАСТИ ИСТОЧНИКА, мм | ТИП РАДИОГРАФИЧЕСКОЙ ПЛЕНКИ | ТИП ЭКРАНА, его толщина, мм | ТОЛЩИНА СТЕНКИ, мм | | НАПРЯЖЕНИЕ НА ТРУБКЕ, кВ | ТОК, мА | ВРЕМЯ ЭКСПОЗИЦИИ, мин | Чувствительность | | Примечание |
| | | | | контролируемая (номинальная) | радиационная (просвечиваемая) | | | | Ik | 0,4 | |
| Рентгеновский аппарат ICM SITE-X C3005 | 2,0x0,8 | Agfa D7 | Свинец, 0,027 мм | 15,7 | 17 | 180-200 | 3,5 | 3,5-3,7 | Ik | 0,4 | Экспозицию уточняют для каждой партии пленки с учетом старения рентгеновской трубки |
| | | | | | | | | | Ik | 0,5 | |
| 3. ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ РАДИОГРАФИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ | | | | | | | | | | | |
| № п/п. | НАИМЕНОВАНИЕ ОПЕРАЦИИ | СОДЕРЖАНИЕ ОПЕРАЦИИ, ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ | | | | | | | ОБОРУДОВАНИЕ И ИНСТРУМЕНТ | | |
| 3.1. | Подготовка к контролю | 3.1.1. Радиографический контроль проводить после внешнего осмотра сварного шва и устранения обнаруженных наружных дефектов (незаплавленных кратеров, подрезов, выходящих на поверхность пор, каких либо предметов которые могут воспрепятствовать правильной экспозиции или интерпретации пленок). 3.1.2. Отметить на сварном соединении несмывающейся краской направление и начало укладки пленки, установки мерительного пояса (от зенита трубы по часовой стрелке по ходу продукта). | | | | | | | Набор для визуально-измерительного контроля, мерительный пояс, канавочные эталоны чувствительности для стали ЭЧК- | | |

| | | | |
|------|---------------------------------------|--|--|
| | | <p>3.1.3. Установить на стык:</p> <ul style="list-style-type: none"> - мерительный пояс со свинцовыми цифрами, - канавочные эталоны чувствительности для стали ЭЧК-11, ЭЧК-12 на расстоянии не менее 5 мм от шва с направлением канавок поперек шва, и проволоочные эталоны № 12 на стык с направлением проволок поперек шва по одному на каждую четверть стыка. <p>3.1.4. Нанести маркировку на радиографическую пленку с помощью свинцовых маркировочных знаков. Маркировка должна включать как минимум следующую информацию:</p> <ul style="list-style-type: none"> - номер стыка; - направление укладки пленки, кассет; - номер пленки; - дату проведения радиографического контроля; - шифр (характеристика) объекта; - шифр специалиста по НК; - шифр (клеймо) сварщика или бригады сварщиков <p>- обозначение продольных сварных швов виде свинцовых стрелок с наложением их по центру продольных швов и направлением по ходу продукта, за исключением сварных соединений, выполненных на ТСБ, сборки укрупнённых изделий, где направление свинцовых стрелок должно быть в сторону поперечного шва.</p> <p>3.1.5. Установить на стык (по всему его периметру) рулонную пленку, так чтобы обеспечить плотное прилегание пленки к металлу и перекрытие изображений смежных участков сварного соединения не менее 20 мм.</p> <p>3.1.6. Оградить сигнальными знаками или флажками зону излучения, мощность излучения в которой превышает 2,5 мЗв/час, или установить предупреждающий сигнализатор (со световой и звуковой сигнализацией).</p> <p>3.1.7. Проверить и записать показания индивидуальных дозиметров до и после работы с источником ионизирующего излучения.</p> | <p>11, ЭЧК-12 и проволоочные эталоны чувствительности для стали №11, 12 по ГОСТ 7512 (EN 462-1), карандаш-маркер, цифры и буквы набор № 2, № 6 (ГОСТ 15843), рулонная радиографическая пленка, прижимные магниты, дозиметр типа ДРГ 01-Т1 или аналог, предупреждающий сигнализатор (ЗРО, лента), индивидуальный дозиметр типа ИД-02.</p> |
| 3.2. | Просвечивание сварного соединения | <p>3.2.1. Установить источник излучения согласно схеме просвечивания.</p> <p>3.2.2. Убедиться в отсутствии людей в зоне излучения, включить предупреждающий сигнализатор (при его наличии).</p> <p>3.2.3. Отойти на безопасное расстояние и произвести просвечивание в соответствии с требованиями раздела 2 «Материалы для радиографического контроля и режимы просвечивания» настоящей технологической карты.</p> <p>3.2.4. По окончании просвечивания снять радиографическую пленку со стыка.</p> <p>3.2.5. По окончании рабочей смены проверить и записать показания индивидуальных дозиметров.</p> | <p>Рулетка, предупреждающий сигнализатор (при его наличии), аппарат рентгеновский.</p> |
| 3.3. | Фотообработка радиографической пленки | <p>3.3.1. Фотообработку экспонированной радиографической пленки проводить в специально оборудованном помещении - фотолаборатории при неактиничном освещении</p> <p>3.3.2. Проверить пригодность и температуру обрабатывающих растворов. Они должны иметь температуру в пределах 18 - 25 °С. При этом следует иметь в виду, что проявитель готов к применению не ранее чем через 12 часов после приготовления, а также, что в 1 литре проявителя может быть качественно обработано не более 1 кв.м пленки, а фиксаж пригоден к работе, если в 1 литре его обработано не более 1,2 м² пленки, а также замену химреактивов необходимо производить не позже двух месяцев после первого применения при нормальных условиях применения и хранения.</p> <p>3.3.3. Оптимальное время проявления при температуре проявителя 20°С указывается на этикетке первичной упаковки. Время проявления в проявителе устанавливать в зависимости от фактической температуры проявления.</p> <p>3.3.4. Режимы промывок, фиксирования и сушки выбирать следующие:</p> <ul style="list-style-type: none"> - промежуточная промывка - не менее 1 мин при температуре 12 - 28°С, - фиксирование в фиксирующем растворе – не менее 10 мин при температуре 20+5°С, - окончательная промывка в проточной или сменной (не менее 3 раз) воде - при температуре не менее 12-28 °С от 20 до 30 мин ; - сушка естественная или в потоке воздуха- до полного высыхания при температуре не выше 35 °С, <p>3.3.5. В случае применения автоматов для фотообработки радиографических пленок режимы фотообработки определяются инструкцией по эксплуатации применяемого автомата.</p> | <p>Фоторастворы для фотообработки экспонированной рентгеновской пленки (в соответствии с рекомендациями фирмы-изготовителя радиографической пленки), линейка, лабораторный фонарь, кюветы, проявочный автомат, таймер, термометр</p> |
| 3.4 | Расшифровка снимков | <p>3.4.1. Просмотр и расшифровку снимков производить в затемненном помещении, после их полного высыхания с применением специальных осветителей - негатоскопов, отвечающих требованиям ГОСТ-7512-82*.</p> <p>3.4.2. Снимки допускаются к расшифровке, если они удовлетворяют следующим требованиям:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Ширина снимка составляет – получение изображения сварного шва и прилегающих к нему околошовной зоны шириной не менее 20 мм с каждой стороны ▪ на снимках отсутствуют пятна, полосы, загрязнения и повреждения эмульсионного слоя, затрудняющие расшифровку снимков; | <p>Денситометр DD 5005-200 с точностью измерения 0,02 в диапазоне оптической плотности рентгеновских снимков 0÷4 В или аналог, негатоскоп Н 85/220 с яркостью свечения экрана не ниже</p> |

- на снимках должны быть видны изображения эталонов чувствительности (по одному на каждую четверть стыка при использовании рулонной пленки или по одному на каждом форматном снимке), изображения ограничительных меток и маркировку, включающую в себя: номер стыка, направление укладки пленки (кассет), номер пленки (форматных снимков), дату проведения радиографического контроля, шифр (характеристика) объекта, шифр специалиста по НК, шифр (клеймо) сварщика или бригады сварщиков;
- оптическая плотность самого светлого участка сварного шва должна быть не менее 1,5 единиц оптической плотности (е.о.п.); разность оптических плотностей изображения канавочного эталона чувствительности №11 и основного металла в месте установки эталона должна быть не менее 0,5 е.о.п.;
- чувствительность снимков в соответствии с разделом 2 техкарты определяется по проволочному эталону чувствительности.

3.4.3. Расшифровку выполнять в соответствии с требованиями таблицы 1, заключения выписывать по форме приложения В РД 25.160.10-КТН-016-15. Занести данные в журнал контроля РК (РД 25.160.10-КТН-016-15 Приложение Е). Суммарная протяженность дефектов не должна превышать 1/6 периметра сварного соединения.

Таблица 1

| Тип дефекта | Условное обозначение | Схематическое изображение дефекта | | Для трубопроводов и их участков категорий В, I, а также трубопроводов позиций 9-11, и сварных соединений позиций 20, 21 таблицы 1 | Для трубопроводов и их участков категорий II, III и IV, а также трубопроводов позиции 19 таблицы 1 |
|---------------------------------------|----------------------|-----------------------------------|---------|---|--|
| | | в сечении | в плане | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Поры | | | | | |
| Единичные, (сферические и удлиненные) | Аа | | | При $L \geq 3d$ $d, h, l, t \leq 2,4 \text{ мм}$ $\Sigma_{300} \leq 30 \text{ мм}$ | Допускаются, если: При $5d \geq L \geq 3d$ $d, h, l, t \leq 2,4 \text{ мм}$ $\Sigma_{300} \leq 50 \text{ мм}$ При $L > 5d$ $d, h, l, t \leq 3 \text{ мм}$ в обоих случаях $\Sigma_{300} \leq 50 \text{ мм}$ |
| | | | | | |
| | | | | | |
| Цепочки | Ав | | | $d, h, t \leq 1,2 \text{ мм}$ $l \leq 12 \text{ мм}$ $\Sigma_{300} \leq 30 \text{ мм}$ | $d, h, t \leq 2,4 \text{ мм}$ $l \leq 12 \text{ мм}$ $\Sigma_{300} \leq 50 \text{ мм}$ |
| Скопления | Ас | | | $d, h \leq 1,2 \text{ мм}$ $l, t \leq 6 \text{ мм}$ $\Sigma_{300} \leq 30 \text{ мм}$ | $d, h \leq 2,0 \text{ мм}$ $l, t \leq 6 \text{ мм}$ $\Sigma_{300} \leq 30 \text{ мм}$ |
| Канальные, в т.ч. «червеобразные» | Ак | | | Не допускаются | $h, t \leq 1,2 \text{ мм}$ $l \leq 12 \text{ мм}$ $\Sigma_{300} \leq 30 \text{ мм}$ |
| Шлаковые включения | | | | | |
| Единичные компактные | Ва | | | Допускаются, если: $h \leq 1,2 \text{ мм}$, при $t \leq 3 \text{ мм}$ $l \leq 6 \text{ мм}$ $\Sigma_{300} \leq 30 \text{ мм}$ | |

30000 кд/м2 или аналог, прозрачная линейка, измерительная лупа, линейка оптической плотности

| | | | | | |
|--|-----------------|--|--------------------|---|--|
| Цепочки | Bb | | | $d, h, t \leq 1,2 \text{ мм}$ $l \leq 24 \text{ мм}$ $\Sigma_{300} \leq 50 \text{ мм}$ | |
| Скопления | Bc | | | $d, h \leq 1,2 \text{ мм}$ $l, t \leq 6 \text{ мм}$ $\Sigma_{300} \leq 30 \text{ мм}$ | |
| Удлиненные (зашлакованные карманы) | Bd | | | Не допускаются | $h \leq 1,2 \text{ мм}$ $l \leq 12 \text{ мм}$ $\Sigma_{300} \leq 30 \text{ мм}$ |
| | | | | -При $t \leq 0,8 \text{ мм}$ с обеих сторон шва – рассматриваются как один дефект; -При $t > 0,8 \text{ мм}$ с любой стороны шва – рассматриваются как отдельные дефекты, и их протяженность суммируется | |
| Не провары | | | Допускаются, если: | | |
| В корне шва | Da | | | $h \leq 0,6 \text{ мм}$ $l \leq 12 \text{ мм}$ $\Sigma_{300} \leq 25 \text{ мм}$ | $h \leq 1,2 \text{ мм}$ $l \leq 24 \text{ мм}$ $\Sigma_{300} \leq 50 \text{ мм}$ |
| | | | | сварных соединениях труб, выполненных с внутренней подваркой, непровары в корне шва на участках подварки не допускаются | |
| Внутренние при двухсторонней сварке | | | | $h \leq 0,6 \text{ мм}$ $l \leq 12 \text{ мм}$ $\Sigma_{300} \leq 25 \text{ мм}$ | $h \leq 0,6 \text{ мм}$ $l \leq 12 \text{ мм}$ $\Sigma_{300} \leq 50 \text{ мм}$ |
| Не сплавления | | | Допускаются, если: | | |
| Межслойные | DC ₁ | | | Не допускаются | $l \leq 24 \text{ мм}$ $\Sigma_{300} \leq 25 \text{ мм}$ |
| По разделке кромки, внутренние | DC ₂ | | | Не допускаются | $l \leq 24 \text{ мм}$ $\Sigma_{300} \leq 25 \text{ мм}$ |
| По разделке кромки, выходящие на поверхность | DC ₃ | | | Не допускаются | |
| Трещины | | | | | |
| Вдоль шва | Ea | | | Не допускаются | |
| Поперек шва | Eb | | | | |
| Разветвленные | Ec | | | | |
| Наружные дефекты | | | Допускаются, если: | | |
| Вогнутость корня шва (утяжина) | Fa | | | $h \leq 1 \text{ мм};$ $l \leq 50 \text{ мм};$ $\Sigma_{300} \leq 50 \text{ мм}$ | $h \leq 2 \text{ мм}$ $l \leq 100 \text{ мм}$ $\Sigma_{300} \leq 100 \text{ мм}$ |
| | | | | Плотность изображения на радиографическом снимке не должна превышать плотности изображения основного металла | |
| Превышение проплава (провис) | Fb | | | $h \leq 3 \text{ мм}; l \leq 30 \text{ мм};$ $\Sigma_{300} \leq 30 \text{ мм}$ | $h \leq 5 \text{ мм}; l \leq 50;$ $\Sigma_{300} \leq 50 \text{ мм}$ |

| | | | | |
|---|-----|--|--|--|
| Подрез наружный | Fc1 | | | При обнаружении наружного подреза его глубину измеряют ВИК и оценивают допустимость в соответствии с РД 25.160.10-КТН-016-15 |
| | | | | $l \leq 50 \text{ мм}$ $\Sigma_{300} \leq 100 \text{ мм}$ $l \leq 100 \text{ мм}$ $\Sigma_{300} \leq 150 \text{ мм}$ |
| внутренний | Fc2 | | | $h \leq 0,6 \text{ мм};$ $l \leq 50 \text{ мм}$ $\Sigma_{300} \leq 100 \text{ мм}$ $h \leq 1,2 \text{ мм};$ $l \leq 100 \text{ мм}$ $\Sigma_{300} \leq 150 \text{ мм}$ |
| Смещение кромок | Fd | | | При обнаружении смещения кромок его глубину измеряют методами ВИК и оценивают допустимость в соответствии с РД 25.160.10-КТН-016-15 |
| Дефект сборки | Fe | | | Плотность изображения на радиографическом снимке не должна превышать плотности изображения основного металла |
| <p>Примечания</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Оптическая плотность изображений пор (Aa, Ab, Ac, Ak) и шлаковых включений (Ba, Bb, Bc, Bd) не должна превышать оптическую плотность основного металла Ds; 2. Суммарная протяжённость объёмных дефектов (Aa, Ab, Ac, Ba, Bb, Bc) на любом участке сварного соединения длиной 300 мм не должна превышать: <ul style="list-style-type: none"> - 30 мм для трубопроводов и их участков категорий В, I, а также трубопроводов позиций 9-11, и сварных соединений позиций 8, 17, 18, 20, 21 таблицы 1 РД 25.160.10-КТН-016-15; - 50 мм для трубопроводов и их участков категорий II, III и IV, а также трубопроводов позиции 19 таблицы 1 РД 25.160.10-КТН-016-15. 3. Оценка глубины неспаров (Da) и подреза на внутренней поверхности (Fc2) должна производиться путём сравнения оптической плотности изображения дефекта с оптической плотностью изображений канавок канавочного эталона чувствительности (№ 1; 2) <p>3.4.4. Каждый дефект в заключении должен иметь подробное описание в соответствии с РД 25.160.10-КТН-016-15, с указанием символа условного обозначения типа дефекта, размера дефекта или суммарной длины цепочки и скопления пор, шлаков в мм. (с указанием преобладающего размера дефекта в группе), через черточку ставят количество однотипных дефектов на снимке; глубину дефектов в мм. Допускается вместо записи глубины дефектов (в миллиметрах или %) указать с помощью знаков ">", "=" или "<" величину дефекта по отношению к максимально допустимой для данного сварного соединения.</p> <p>3.4.4. Запись глубины дефектов производить в миллиметрах, с указанием % отношения фактической величины дефекта по отношению к максимально допустимой величине дефекта для данного сварного соединения с указанием расположения дефекта по знакам маркировочного пояса. Заключение по результатам контроля снимков следует давать на каждый участок длиной 300мм.</p> <p>Пример записи расшифровки рентгеновских снимков:</p> <p>5Aa1<20% - пять одиночных пор размер 1 мм глубиной менее допустимой – годен;</p> <p>2Acбх6-1 <20% - два скопления пор длина 6 мм, ширина 6 мм, преобладающий размер поры в скоплении 1 мм – годен;</p> <p>3Av5-1 <20% - три цепочки длиной 5 мм размер пор 1 мм глубина менее допустимой величины – годен;</p> <p>4Vd5х0,5>10% -четыре удлиненных шлаковых включения с одной стороны протяженностью 5 мм, шириной 0,5 мм и глубиной более допустимой величины – не годен.</p> | | | | |

Составил:

Зуйков П.А.

Проверил:

должность

подпись

Ф.И.О.

Дата

№ удостоверения, кем и когда выдано

должность

подпись

Ф.И.О.

Дата

№ удостоверения, кем и когда выдано

Приложение Д (обязательное)

Операционная технологическая карта капиллярного контроля сварных соединений

«Согласовано»

«Утверждаю»

« _____ » _____ 2021 г.

« _____ » _____ 2021 г.

| ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ИНСТРУКЦИЯ КАПИЛЛЯРНОГО КОНТРОЛЯ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ | | ШИФР | |
|--|--|---|---|
| | | ТК-ПВК-ТР-01-01 | |
| НАИМЕНОВАНИЕ ПРЕДПРИЯТИЯ: | | | |
| НАИМЕНОВАНИЕ ОБЪЕКТА: | | | |
| НОРМАТИВНЫЕ ДОКУМЕНТЫ: | | ГОСТ 18442-80, РД 25.160.10-КТН-016-15 | |
| 1 ОБЪЕКТ КОНТРОЛЯ | Номинальный диаметр трубы D, мм | 1420 | |
| | Номинальная толщина стенки S, мм | 15,7 | |
| | Тип сварного соединения. Вид сварки | МП+МПС | |
| ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ КАПИЛЛЯРНОГО КОНТРОЛЯ | | | |
| №№ п.п. | НАИМЕНОВАНИЕ ОПЕРАЦИИ | СОДЕРЖАНИЕ ОПЕРАЦИИ | МАТЕРИАЛЫ И ОБОРУДОВАНИЕ |
| 1 | Проверка работоспособности комплекта дефектоскопических материалов | Проверить работоспособность комплекта дефектоскопических материалов для чего: 1. Убедиться в годности образцов к работе (имеется соответствующая отметка в паспортах). 2. Проверить срок годности дефектоскопических материалов (срок годности обозначен на азрозольных баллонах) 3. Очистить поверхность рабочего образца при помощи очистителя или ацетона и лоскута. 4. Нанести на поверхность рабочего образца пенетрант из комплекта дефектоскопических материалов. 5. Выдержать пенетрант на поверхности образца 10-15 минут, не допуская его высыхания. Для чего каждые 2 минуты повторять нанесение пенетранта на образец. 6. Удалить избыток пенетранта с поверхности образца лоскутом, смоченным в очистителе. 7. Нанести проявитель на образец. | Комплект дефектоскопических материалов SHERWIN, комплект стандартных образцов для капиллярного контроля, источник освещенности, люксметр ТКА, часы, лоскут безворсовый (бязевый). |
| | Подготовка к контролю | Зачистить абразивным кругом поверхность, подвергаемую контролю до металлического блеска. Шероховатость поверхности при этом не должна превышать Rz 40. Очистить полости дефектов от загрязнений при помощи очистителя или ацетона и лоскута. Поверхность контроля должна быть чистой и сухой. При необходимости высушить объект контроля феном и нагреть его до рабочей температуры дефектоскопических материалов. | Образцы шероховатости, комплект дефектоскопических материалов SHERWIN, комплект стандартных образцов для капиллярного контроля, источник освещенности, люксметр ТКА, часы, лоскут безворсовый (бязевый), фен промышленный, термометр. |
| страница 1 | | страниц 2 | ТК-ПВК-ТР-01-01 |

