

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

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Разработка технологии сборки и сварки магистрального нефтепровода из труб диаметром 1020 мм

УДК 621.791.75:622.692.4.076-034

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-1В71	Каримов Отабек Абдугапар угли		

Руководитель ВКР

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

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Якимова Татьяна Борисовна	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ООД ШБИП	Мезенцева Ирина Леонидовна			

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 ИШНКБ	Першина Анна Александровна	к.т.н.		

Планируемые результаты обучения по программе

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)

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

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП
 _____ Першина А.А.
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

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

Студенту:

Группа	ФИО
3-1В71	Каримов Отабек Абдугапар угли

Тема работы:

Разработка технологии сборки и сварки магистрального нефтепровода из труб диаметром 1020 мм	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	10 января 2022, №10-6/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	03.06.2022 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>Чертеж сварной конструкции; материал сварной конструкции; существующий способ сварки; сварочные материалы; перечень нормативной документации.</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 Расчет параметров режима сварки</p> <p>5 Обоснование выбора сварочного оборудования</p> <p>6 Финансовый менеджмент, ресурсо-эффективность и ресурсосбережение</p> <p>7 Социальная ответственность</p> <p>Заключение</p>
<p>Перечень графического материала</p>	
<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</p>	
<p>Раздел</p>	<p>Консультант</p>
<p>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p>	<p>Якимова Татьяна Борисовна</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>Мезенцева Ирина Леонидовна</p>
<p>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</p>	

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

Задание выдал руководитель:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
<p>3-1В71</p>	<p>Каримов Отабек Абдугапар угли</p>		

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

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности
 Направление подготовки 15.03.01 Машиностроение
 Отделение электронной инженерии
 Период выполнения весенний семестр 2021 /2022 учебного года

Форма представления работы:

Бакалаврской работы

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

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

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

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

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

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

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

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

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

Студенту:

Группа	ФИО
3-1В71	Каримов Отабек Абдугапаругли

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

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

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

Перечень вопросов, подлежащих разработке:

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

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)

1. Оценка конкурентоспособности технических решений
2. Диаграмма Ганта

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-1В71	Каримов Отабек Абдугапаругли		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
3-1В71	Каримов Отабек Абдугапаругли

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

Тема ВКР:

Разработка технологии сборки и сварки магистрального нефтепровода из труб диаметром 1020 мм	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
<p>Введение</p> <ul style="list-style-type: none"> - Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика) и области его применения. - Описание рабочей зоны (рабочего места) при эксплуатации 	<p>Объект исследования – технология сборки и сварки магистрального нефтепровода.</p> <p>Область применения – нефтяная отрасль.</p> <p>Рабочая зона – полевые условия</p> <p>Климатическая зона</p> <ul style="list-style-type: none"> – трасса магистрального нефтепровода Тюмень (Россия) - Шымкент (Казахстан) - Пахта - Бухара (Узбекистан) - Сейди (Чарджоу, Туркменистан). Местность равнинная. Климат резко-континентальный, жаркий и засушливый <p>Количество и наименование оборудования рабочей зоны:</p> <ul style="list-style-type: none"> - специализированный источник питания Invertec STT-II; - подающий механизм STT-10; - источник питания Idealarc DC-400; - подающий механизм LN-23P; - внутренний гидравлический центратор ЦВ – 104; - трубоукладчик Komatsu - D355C; - самоходная энергетическая машина АСТ-4-А. <p>Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне</p> <ul style="list-style-type: none"> - сборка; - сварка.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<p>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при эксплуатации:</p> <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	<p>Законодательные и нормативные документы по теме:</p> <p>ВСН 006-89 Строительство магистральных и промышленных трубопроводов. Сварка</p> <p>ВСН 012 – 88 Строительство магистральных и промышленных трубопроводов. Контроль качества и приемка работ. Часть II</p>

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

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ООД ШБИП	Мезенцева Ирина Леонидовна			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-1В71	Каримов Отабек Абдугапаругли		

Реферат

Выпускная квалификационная работа 95 с., 7 рис., 35 табл., 23 источников, 16 листов демонстрационного материала (слайдов).

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

Объектом исследования является труба магистрального трубопровода.

Цель работы – сокращение сроков замены магистрального трубопровода за счет использования современных средств механизированной сборки и сварки.

В процессе исследования проводились: изучение основных нормативных документов регулирующих сборку, сварку нефтепроводов и приемку работ: РД 153-006-02 [1]; ВСН 006-89 [2]; ВСН 012-88 [3]. Изучение материалов из которых изготавливается нефтепровод, изучение способов сварки и сварочных материалов, расчет режимов сварки, изучение используемого оборудования для сварки нефтепроводов.

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

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: труба диаметром 1020 мм с толщиной стенки 12 мм.

Экономическая эффективность работы: разница в штучно-калькуляционном времени сварки между РДС (186 мин) и КС (113 мин), составляет 73 мин, что в процентном соотношении дает уменьшение времени на 39 %. По затратам на сварку стыка выгодна КС, она обходится дешевле на 523 руб, что в процентном соотношении дает снижение затрат на 8 %.

Выпускная квалификационная работа бакалавра выполнена в текстовом редакторе Microsoft Word 2016 и графическом редакторе «КОМПАС-3D V18».

Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки

Определения

Нефтепровод – инженерно-техническое сооружение трубопроводного транспорта, предназначенное для транспортировки нефти потребителю.

Обозначения и сокращения

σ_T – предел текучести;

σ_B – временное сопротивление разрыву;

δ_5 – относительное удлинение;

$d_э$ – диаметр электродного стержня;

j – допускаемая плотность тока;

α_n – коэффициент наплавки;

F_n – площадь поперечного сечения наплавленного металла за проход;

γ – плотность наплавленного металла за данный проход;

$q_{эф}$ – эффективная тепловая мощность сварочной дуги;

$I_{св}$ – ток сварочной дуги;

U_d – напряжений на дуге;

η_u – эффективный КПД нагрева изделия дугой;

$V_{св}$ – скорость перемещения сварочной дуги;

I_u – ток импульса;

I_n – базовый ток (паузы);

$I_{ср}$ – средний ток;

t_u – продолжительность импульса;

t_n – продолжительность паузы;

T_u – продолжительность цикла модуляции сварочного тока;

Нормативные ссылки

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

1 ГОСТ 16037-80. Соединения сварные стальных трубопроводов.

Основные типы, конструктивные элементы и размеры (с Изменением N 1)

2 ГОСТ 8731-74 Трубы стальные бесшовные горячедеформированные.

3 ГОСТ 8732-78 Трубы стальные бесшовные горячедеформированные.

Сортамент

4 ГОСТ 8734-75 Трубы стальные бесшовные холоднодеформированные.

5 РД-153-39.4-056-00 Руководящий документ. Правила технической эксплуатации магистральных нефтепроводов

6 ГОСТ 7512-82 Контроль неразрушающий. Соединения сварные.

Радиографический метод

7 ГОСТ 14782-86 Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Метод ультразвуковой

8 СНиП 2.05.06-85 Строительные нормы и правила "Магистральные трубопроводы"

Оглавление

Введение.....	16
1 Обзор литературы	17
1.1 Описание трубопровода и условия эксплуатации	17
1.2 Характеристика материала и его свариваемость	18
1.3 Выбор способа сварки	20
1.4 Выводы и постановка задачи работы.....	24
2 Конструкторский раздел.....	25
2.1 Оборудование для механизированной сварки труб методом STT.....	25
2.2 Оборудование для механизированной сварки труб порошковой проволокой типа Innershield	27
2.3 Выбор источника питания.....	29
2.4 Вспомогательное оборудование	32
2.5 Участок сварки трубопровода	37
3 Технологический раздел.....	38
3.1 Сущность процесса сварки STT	38
3.2 Сущность механизированной сварки порошковой проволокой типа Innershield.....	41
3.3 Выбор сварочных материалов	43
3.4 Выбор режимов сварки.....	45
3.5 Технология сварочно-монтажных работ	46
3.6 Контроль качества.....	52
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	56
4.1 Потенциальные потребители результатов разработки технологии	56
4.2 Определение норм времени на сварку	57
4.3 Экономическая оценка сравниваемых способов сварки.....	63
5 Социальная ответственность	70
6.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	70
6.2 Производственная безопасность.....	71
6.3 Экологическая безопасность.....	77

6.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	80
Выводы по разделу Социальная ответственность	81
Заключение	83
Список используемых источников.....	84
Приложение А Комплект технологической документации.....	86
Приложение Б Комплект чертежей.....	87

Введение

В настоящее время трубопроводный транспорт жидких и газообразных углеводородов занимает одно из ведущих направлений в интенсивно развивающемся топливно-энергетическом комплексе Узбекистана. Ежегодно в стране сооружаются десятки тысяч километров различных трубопроводов. Эксплуатация столь протяженных сооружений в чрезвычайно сложных природно-климатических условиях, с возможными серьезными последствиями в случае аварийных ситуаций обуславливает отнесение данных объектов к техногенно опасным системам. Поэтому к трубопроводам предъявляются высокие требования по обеспечению надежности и безопасности их функционирования.

Большая часть линейного магистрального трубопровода расположена в сложных инженерно-геологических условиях: болота различной мощности, заболоченные и обводненные территории, оползневые участки и площадки.

В связи с особыми сложными инженерно-геологическими условиями, магистральный трубопровод располагается на опорах.

На металл труб воздействуют экстремальные температурно-климатические факторы, что создает особые условия эксплуатации трубопровода, связи с этим, применяем усиленный тип заводского покрытия толщиной до 3 мм на основе полиуретановых смол.

Цель работы – сокращение сроков замены магистрального трубопровода за счет использования современных средств механизированной сборки и сварки.

Предметом ВКР является последовательность выполнения сборочно-сварочных операций, а так же использование современных средств механизации и автоматизации, позволяющих повысить производительность сборки и сварки участка магистрального трубопровода диаметром 1020 мм в монтажных условиях.

1 Обзор литературы

1.1 Описание трубопровода и условия эксплуатации

Трубы для монтажа проектируемого участка трубопровода выбраны в соответствии с требованиями СП 36.13330.2012 «Магистральные трубопроводы» [4], ОТТ-23.040.00-КТН-051-11 «Трубы нефтепроводные большого диаметра. Общие технические требования» [5]:

- труба \varnothing 1020x12мм с классом прочности K56, с заводским трехслойным полиэтиленовым покрытием толщиной не менее 3,0 мм (таблица 1).

Таблица 1 – Основные показатели линейного объекта [5]

Трубопровод	\varnothing 1020 мм
Толщина стенки	12 мм
Предел прочности	550 МПа
Предел текучести	410 МПа
Рабочее давление на выходе НПС «Каштан»	4,9 МПа
Проектная производительность	44,515 млн.т/год
Изоляция заводская полиэтиленовая	Пк40
Категория участка	I,II
Класс прочности	K56
Температура стенки трубы	min=3° C, max=20° C

В данном ВКР магистральный трубопровод располагается на опорах, в связи с особенностями местности, которые представляют собой сварные металлоконструкции. Опоры расположенные через каждые 4 метра по всей длине трассы трубопровода.

Участок магистрального нефтепровода состоит из линейной части, установленной на опорах, для подведения трубопровода к нефтеперекачивающей станции (Приложение А).

Линейная часть 1, 2 состоит из стальных прямошовных труб диаметром 1020 мм и толщиной стенки 12 мм, сваренных в непрерывную нитку; 3 - опора.

1.2 Характеристика материала и его свариваемость

Одним из требований, предъявляемых к металлу труб, является обеспечение их необходимой свариваемости при монтаже магистральных трубопроводов.

Свариваемость определяется степенью соответствия свойств сварных соединений одноименным свойствам основного металла или их нормативным значениям.

Понятие «свариваемость» неразрывно связано с показателями свойств, обеспечивающих эксплуатационную надежность сварных соединений магистральных трубопроводов. Высокая надежность сварных соединений трубопроводов может быть обеспечена при условии, если они удовлетворяют следующим требованиям:

- не содержат горячих (кристаллизационных) и холодных трещин;
- стойки против хрупкого разрушения в любой зоне сварного соединения;
- равнопрочные с основным металлом;
- обладают регламентируемым уровнем деформационной способности;
- не содержат недопустимых дефектов.

Согласно РД 153-006-02 [1], максимальная величина эквивалента углерода трубных сталей не должна превышать 0,46 %. Эквивалент углерода определяется по формуле:

$$C_{\text{экв.}} = C + \text{Mn} / 6 + (\text{Cr} + \text{Mo} + \text{V} + \text{Ti} + \text{Nb}) / 5 + (\text{Cu} + \text{Ni}) / 15 + 15 \text{B} \quad (1)$$

где C, Mn, Cr, Mo, V, Ti, Nb, Cu, Ni, B - массовые доли (%) элементов в металле трубной стали.

При выборе материала трубопровода учитывался фактор, что трубопровод будет работать под непрерывным давлением, во время транспортировки нефтепродуктов. С учетом данного фактора была выбрана сталь 09ГБЮ, пригодная для изготовления электросварных прямошовных труб группы прочности К56 для магистральных нефтепроводов и нефтепродуктопроводов, которая может выдерживать нагрузки давлением при температурах до -60° С [5].

Химический состав стали 09ГБЮ приведен в таблице 2, а ее механические свойства в таблице 3.

Таблица 2 – Химический состав стали 09ГБЮ ГОСТ 19281-2014 [6]

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	N	Nb	Al	Cu
0,08 – 0,11	до 0,3	1,1– 1,4	до 0,3	до 0,006	до 0,025	до 0,3	до 0,012	0,06 – 0,08	0,02 – 0,05	до 0,3

Таблица 3 - Механические свойства стали 09ГБЮ [6]

Марка стали	Временное сопротивление разрыву Н/мм ² (кгс/ мм ²), не менее	Предел текучести Н/мм ² (кгс/ мм ²), не менее	Относительное удлинение, d5", %, не менее	Ударная вязкость, Дж/см ² (кгс/см ²), не менее, при температуре испытания, не менее	
				KCV-40°C	KCU-60°C
09ГБЮ	550 (56)	390 (40)	23	59 (6)	59 (6)

Сталь конструкционная низколегированная перлитного класса с пределом текучести свыше 360 МПа для сварных конструкций.

С учетом выбранной марки стали рассчитаем эквивалент углерод по формуле (1):

$$C_{\text{эkv.}} = 0,08 + 1,1/6 + (0,3 + 0 + 0 + 0 + 0,06) / 5 + (0,3 + 0,012) / 15 + 15 \cdot 0 = 0,353$$

По условиям РД 153-006-02 [1], при значении эквивалента углерода менее 0,41 предварительный подогрев не требуется.

РД 153-006-02 [1] регламентирует сварку нефтепроводов следующими способами и технологическими вариантами:

- ручной электродуговой сваркой покрытыми электродами;
- механизированной сваркой в среде углекислого газа проволокой сплошного сечения (метод STT);
- механизированной сваркой самозащитной порошковой проволокой;
- автоматической сваркой под флюсом;
- автоматической сваркой в среде защитных газов проволокой сплошного сечения с использованием комплексов CRC-Evans AW (все слои шва головками П-200);

- автоматической сваркой в среде защитных газов с использованием комплексов CWS.02;

- автоматической сваркой в среде защитных газов проволокой сплошного сечения с использованием головок П-200 (метод STT - для корневого слоя шва);

- автоматической сваркой в среде защитных газов проволокой сплошного сечения с использованием головок M220 Мод (M300) (метод STT - для корневого шва);

- автоматической сваркой в среде защитных газов порошковой проволокой с использованием головок M220 Мод (M300);

- ручной аргодуговой сваркой неплавящимся электродом (для корневого шва стыков труб малого диаметра и всех слоев шва стыков тонкостенных труб).

Сварка под флюсом больше подходит для сварки поворотных стыков трубопровода, т.к. её необходимо производить в нижнем положении. Автоматическая сварка с использованием комплексов CRC-Evans AW и CWS.02, головок П-200 и M220 Мод (M300) больше подходит для строительства линейной части нефтепроводов, в нашем случае проводится реконструкция небольшого участка нефтепровода и применение автоматического способа сварки экономически не выгодно. Ручная аргодуговой сваркой неплавящимся электродом применяется для труб малого диаметра и обладает низкой производительностью.

Произведем сравнение ручной электродуговой сваркой покрытыми электродами, механизированной сваркой в среде углекислого газа проволокой сплошного сечения (метод STT) и механизированной сварки самозащитной порошковой проволокой для сварки нефтепровода.

1.3 Выбор способа сварки

Ручная дуговая сварка

Основной метод сварки неповоротных стыков магистральных трубопроводов, является ручная электродуговая сварка штучными электродами.

Одними из основных причин долголетнего ее применения являются простота и мобильность метода, позволяющие свести к минимуму вспомогательные и подготовительно – заключительные операции.

Сварка неповоротных стыков трубопроводов, при толщине стенки 12 мм, происходит с выполнением трёх слоёв шва. Высота каждого последующего слоя не превышает 4 мм, а ширина валика равна 2-3 диаметрам сварочного электрода.

Ручная электродуговая сварка применяется для труб всех диаметров. Но при ручной электродуговой сварки труб больших диаметров производительность резко снижается.

Основные недостатки ручной дуговой сварки:

- низкая производительность;
- потребность в привлечении большого количества высококвалифицированных сварщиков [7].

Механизированная сварка в защитных газах методом STT

Для сварки корневого шва, выбрана механизированная сварка типа STT. Процесс STT, разработанный компанией Lincoln Electric, является перспективной концепцией технологии сварки, использующей быстродействующую адаптивную схему управления эшюрой сварочного тока (Waveform Control Technology). Время реакции системы на изменения, происходящие в сварочной ванне, составляет единицы микросекунд. Тем самым параметры дуги при переносе каждой капли металла со сварочного электрода в сварочную ванну оптимизированы в каждый момент времени.

Сварка в защитном газе (CO_2) вследствие меньшей вероятности стекания расплавленного металла широко применяется при монтаже трубопроводов. Более узкая разделка кромок обеспечивает увеличение производительности сварочных работ.

Широкое распространение механизированной сварки обусловлено хорошей производительностью и высоким качеством выполнения сварных соединений этим способом. Полуавтомат состоит из сварочной горелки и устройства автоматизированной подачи сварочной проволоки. Передвижение

горелки вдоль линии шва осуществляется вручную. То есть в механизированной сварке только одна из операций механизирована – подача электродной проволоки [8].

Преимущества технологии сварки STT в сочетании с высокой гибкостью процесса сделали его идеальным для сварки корня шва снаружи.

Кроме того, процесс STT обеспечивает минимальное содержание диффузионного водорода в металле шва и разбрызгивание металла, что существенно расширяет диапазон свариваемых сталей и снижает вероятность водородного растрескивания.

Среди других особенностей процесса STT следует выделить сокращение общего тепловложения в свариваемую деталь, крайне низкий уровень разбрызгивания и дымообразования. При этом большинство сварщиков отмечают легкость управления сварочной ванной. Процесс во многих случаях просто менее трудоемок и не требует особых навыков. Высокие показатели качества и стабильности наплавки достигаются при защите дуги и сварочной ванны наиболее дешевым углекислым газом, поскольку метод оптимизирован именно для типа переноса металла сериями коротких замыканий, характерного для CO₂ [9].

Недостатки способа STT:

- высокая стоимость сложной инверторной сварочной техники; дорогостоящее программирование параметров сварочного режима при необходимости сварки в нестандартном для данного сварочного аппарата режиме и сложность технического обслуживания;

- сварочным аппаратом осуществляется изменение циклограммы тока сварочной дуги, что обуславливает невозможность использования импульсных режимов и низкую надежность при длинных соединительных кабелях (более 25 м от источника питания до подающего механизма), что в свою очередь накладывает серьезные технологические ограничения, снижение производительности сварочного процесса как минимум на 25 % из-за

уменьшения времени свободного горения сварочной дуги и наличия значительного количества коротких замыканий [8].

Механизированная сварка Innershield

Для сварки «горячего», заполняющего и облицовочного слоев, в данной ВКР, применяется механизированная сварка типа Innershield.

Использование такой электродной проволоки вместо стандартных электродов, позволяет получать разные соединения, в том числе заполняющие и облицовочные.

Особенности сварки самозащитной проволокой. К главным особенностям сварки самозащитной порошковой проволоки (в том числе и механизированной) относят следующие достоинства:

- скорость (линейная) сварочного процесса высока и составляет порядка 14-20 метров в час;
- использование проволоки дает возможность сварщикам форсировать весь процесс соединения металлоизделий.
- повышенная эффективность работы. Объясняется тем, что сварщику нет необходимости тратить лишнее время на смену электродов. Проволока подается из специальной катушки;
- использование при таком способе сварки тока более высокой плотности позволяет исправить дефекты, что снижает процент ремонта швов;
- такая сварка может осуществляться даже при сильном ветре;
- отсутствие (или значительное сокращение) дефектов, связанных с обрывом дуги при замене электродов;
- самозащитная проволока не нуждается в предварительной сушке перед началом сварочных работ;
- позволяет проводить сварку захлестов;
- простота техники сваривания.

Не лишен этот процесс и некоторых недостатков, о которых также следует упомянуть:

- сварка с некоторыми видами самозащитной проволоки и высокими токами может сопровождаться разбрызгиванием металла. В таких случаях рекомендуется надевать специальную защитную одежду;

- сваривание металлоизделий самозащитной проволокой может сопровождаться значительными аэрозольными выделениями [10].

1.4 Выводы и постановка задачи работы

Рассмотрев вопросы о свариваемости трубных сталей и возможные способы сварки, для сварки корневых швов трубопровода, выбрана механизированная сварка в среде защитных газов методом STT. Для заполняющих и облицовочных швов – механизированную сварку самозащитной проволокой Innershield.

Выбранные методы позволяют получить качественные сварные соединения с требуемыми свойствами.

Для разработки процесса сварки труб методом STT и самозащитной порошковой проволокой Innershield необходимо:

- разработать технологический процесс;
- выбрать сварочные материалы;
- подобрать основное сварочное и вспомогательное механическое оборудование.

2 Конструкторский раздел

2.1 Оборудование для механизированной сварки труб методом STT

Фирмой «Lincoln Electric», США, был разработан специальный комплект оборудования, предназначенный для механизированной сварки методом STT в среде углекислого газа.

В состав комплекта оборудования входит три основных функциональных блока - источник питания, механизм подачи проволоки и сварочная горелка со шлангами и кабелями.

Комплект оборудования для сварки методом STT, выпускаемый фирмой The Lincoln Electric Company, включает следующее оборудование:

- специализированный источник питания Invertec STT-II;
- подающий механизм STT-10;
- сварочную горелку Magnum;
- баллон с углекислым газом высшего или первого сорта;
- редуктор с расходомером и подогревателем газа [11].

Специально для этого процесса разработан 225-амперный инверторный источник питания Invertec STT II, реализующий технологию управления формой сварочного тока.

Для подачи проволоки, выбираем механизм STT-10. STT-10 – это полуавтоматический механизм подачи, который гарантирует точную настройку сварочных параметров по процессу STT. Данное устройство специально разработано для комплектации с революционным источником питания Invertec STT-II. Микропроцессор механизма подачи проволоки, производит автоматическую настройку оптимальных режимов сварки.

Преимущества:

- имеет возможность предварительной установки пикового и базового тока, а также скорости подачи проволоки, и ряда вспомогательных параметров для оптимизации начала сварочного процесса;
- четырехроликовый механизм гарантирует стабильную подачу проволоки;

- модульный дизайн механизма подачи позволяет легко и просто встраивать его в различное оборудование;
- система управления позволяет удерживать сварочный процесс на заданном уровне;
- четырехступенчатый триггер для управления процессом сварки при длительной сварке и при сложном автоматизированном процессе.

Возможность регулировки следующих параметров:

- времени предварительной подачи газа;
- скорости подвода проволоки к свариваемой детали;
- времени импульса при точечном режиме сварки;
- времени поддержания длины дуги в конце сварочного цикла;
- времени продувки газа [12].

Основные технические параметры полуавтоматического механизма подачи проволоки STT-10, приведены в таблице 4.

Таблица 4 - Технические параметры полуавтоматического механизма подачи проволоки STT – 10 [12]

Модель	Ø проволоки	Ток сварки	Скорость подачи	Габариты	Вес
STT-10	0,6 ÷ 3,0 мм	до 600 Ампер	0,9 ÷ 12,7 м/мин	406 x 381 x 787	29,7 кг

Выбираем сварочную горелку, приняли сварочную горелку Lincoln Electric Magnum 200. Сварочная горелка Lincoln Electric Magnum 200 легкая, удобная, с воздушным охлаждением. Подвод кабеля к держаку и конектору защищен фторопластом. Поставляются с разъемами к механизмам подачи сварочной проволоки Lincoln Electric или евро разъемами (маркер FM) и переходниками к подающим других производителей (таблица 5).

Таблица 5 - Технические характеристики горелки Lincoln Electric Magnum 200 [12]

Рабочий цикл на номинальной мощности, %	60
---	----

Номинальная мощность, А	200
Тип горелки	стандартная
Диаметр проволоки, мм	0,6-1,2
Охлаждение	воздушное
Габаритные размеры, мм	85,9x495,3x469,9
Вес, кг	4,1
Артикул производителя	К479-1

2.2 Оборудование для механизированной сварки труб порошковой проволокой типа Innershield

Процесс механизированной сварки осуществляется при использовании комплектов оборудования, специально предназначенных для сварки порошковой проволокой типа Innershield, выпускаемых фирмой «Lincoln Electric» (США).

В состав комплекса оборудования должны входить три основных функциональных блока - источник питания, механизм подачи проволоки и сварочная горелка со шлангами и кабелями. Для сопряжения источника питания и механизма подачи сварочной проволоки служит специальное устройство - адаптер.

Источники питания. К источникам питания для сварки самозащитной порошковой проволокой предъявляются следующие специальные требования:

- обеспечивать процесс сварки при жесткой характеристике дуги;
- осуществлять процесс сварки при постоянном напряжении на дуге;
- осуществлять сварку на низком напряжении (17-19 В) при колебаниях напряжения $\pm 0,5$ В;
- обеспечивать стабильный процесс сварки в течение всего рабочего дня при токах до 300 А;
- иметь цепи сопряжения с устройством подачи проволоки.

Ниже приведены модели источников, которые отвечают предъявляемым требованиям и могут быть использованы для сварки самозащитной порошковой проволокой. В случае проведения работ с использованием многопостовых

сварочных агрегатов (АС-81, АС-42, АЭП-52 и т.д.) рекомендуется использовать в качестве источников питания тиристорные выпрямители Idealarc DC 400, DC 600, Invertec V350. При этом источники питания устанавливаются в необходимом количестве непосредственно на сварочном агрегате (2 или 4 в зависимости от мощности станции и схемы организации работ). Мощность, потребляемая одним источником, - 8... 10 кВт.

Для заполняющих и облицовочных швов, целесообразнее применение сварочного источника питания Idealarc DC-400.

Для сварки трубопроводов в трассовых условиях рекомендуется использовать подающие механизмы моделей LN-23P.

Подающий механизм LN-23P, представляет собой портативное и имеющее небольшой вес устройство для подачи проволоки, предназначенное для сварки проволокой типа Innershield размером 068" и 5/64" (1,7 и 2,0 мм).

Механизм подачи проволоки LN-23P включает в себя:

- подающий механизм;
- откалиброванный регулятор скорости подачи электродной проволоки (30-170 дюймов/мин, что составляет ~ 75-425 см/мин);
- барабан для катушки с проволокой;
- аналоговый вольтметр;
- регулятор напряжения;
- блок управления;
- управляющий и силовой кабели стандартной длиной -15 м (возможна поставка кабелей большей длины).

Электронные платы подающего механизма залиты специальным герметизирующим составом, позволяющим использовать оборудование в условиях пыли, грязи, влаги.

Для подачи проволоки от полуавтомата LN-23P к зоне сварки предусмотрено использование горелок (в комплекте со шлангом и кабелями) моделей К345-10 и К355-10 с двухрежимным переключателем. В связи с тем, что горелка К355-10 рассчитана на максимальный сварочный ток 250 А, а процесс

сварки с применением проволоки диаметром 1,7 мм осуществляется на токах 190-230 А, применение горелки хотя и возможно, но не рекомендуется в связи с быстрым нагревом рукоятки. Поэтому для сварки назначаем горелку К345-10, рассчитанную на 350 А и нагревающуюся значительно медленнее.

Перед началом работ необходимо на механизме подачи сварочной проволоки установить два параметра сварочного процесса - напряжение и скорость подачи проволоки. При использовании комплекта оборудования с Idealarc DC-400, подающий механизм может быть установлен непосредственно на землю. Предпочтительным является вариант размещения подающего механизма в палатке, подвешенной на стреле энергопоезда и подведенной непосредственно к зоне сварки. Особенностью самозащитной порошковой проволоки являются повышенные требования к строгому соблюдению заданных параметров процесса сварки, в частности к стабильности сварочного напряжения (колебания напряжения на дуге более ± 1 В отрицательно влияют на качество формирования сварного шва), ограничению размера сварочной ванны, поддержанию определённой величины вылета электрода и др. Данный вид сварки требует применения сварочного оборудования, способного обеспечивать заданную стабильность параметров процесса, а также строгого соблюдения рекомендованных режимов и технологии сварки.

2.3 Выбор источника питания

Основной особенностью источника Invertec STT II является точное «покапельное» управление процессом дуговой механизированной сварки обеспечивает целый ряд преимуществ перед традиционными способами сварки. Сварочный аппарат Invertec STT II – представляет новую версию источника Invertec STT с возможностью управления объемом наплавки. Внешний вид источника Invertec STT II и подающего механизма STT-10 показан на рисунке 2.



Рисунок 1 – Внешний вид источника Invertec STT II и подающего механизма STT-10 [11]

Аппарат Invertec STT II оснащен дополнительным регулятором заднего фронта волны импульса сварочного тока. Данная функция позволяет выполнять сварные швы с более высокими скоростями и объемами наплавки, в отличие от оригинала.

Применение технологии управления формой сварочного тока позволяет в считанные микросекунды отстроить величину сварочного тока. Точный контроль тока в течении всего сварочного цикла минимизирует или совсем исключает основные недостатки сварки сплошной проволокой короткими замыканиями в среде защитного газа. Процесс STT реализует перенос металла в сварочную ванну посредством сил поверхностного натяжения расплавленного металла. Отстройка действующей величины сварочного тока полностью основывается на тепловых потребностях дуги в каждый отдельный момент всего цикла переноса. Уровень разбрызгивания при сварке STT, использующей в качестве защитного газа CO_2 , ниже, чем при сварке сплошной проволокой в смесях аргона. Технические параметры источника показаны в таблице 6.

Таблица 6 - Основные технические параметры источника STT II [11]

Диапазон регулирования пикового тока, А	0-450
Диапазон регулирования базового тока, А	0-125

Напряжение холостого хода, В, не более	85
ПВ, %	
- при среднем токе 225 А	60
- при среднем токе 200 А	100
Номинальная потребляемая мощность, кВА	6,84
Габаритные размеры, мм	589 x 336 x 620
Масса, кг	53

Источник позволяет решить проблемы с высоким уровнем разбрызгивания и дымообразования, прожогами, регулировкой тепловложения, плохой сборкой стыка, а также осуществлять ремонт сварного соединения.

Регулировки: скорость подачи, напряжение дуги, время импульса, переключатель 2-4х тактный режим работы горелки, кнопка продува газа [11].

Рассматривая источники питания для сварки «горячего», заполняющего и облицовочных слоев, выбираем тиристорный выпрямитель DC 400 предназначенный для механизированной сварки сплошной и порошковой проволокой.

Сварочный источник питания Idealarc DC-400, представляет собой трехфазный трансформатор-выпрямитель с тиристорным управлением, обеспечиваемым одним потенциометром плавной регулировки выходной мощностью во всем ее диапазоне. Технические характеристики Idealarc DC-400 представлены в таблице 7.

Таблица 7 - Технические характеристики Idealarc DC-400 [13]

Наименование параметра	Значение
Сварочный ток / Напряжение. / ПВ	400 А/36 В/100 %
	450 А/40 В/60 %
	500 А/40 В/50 %
Диапазон рег. сварочного тока, А	60-500
Габаритные размеры ВхШхД, мм	698 x 566 x 840
Вес, кг	215

Аппарат Idealarc DC-400 имеет целый ряд неоспоримых плюсов. Среди них:

- высокая эргономичность, что делает процесс сварки невероятно удобным и продуктивным. С помощью одной кнопки можно легко переключаться с одного режима на другой. Жесткая ВАХ – SAW, жесткая ВАХ - MIG/MAG/FCAW, падающая ВАХ - MMA/TIG/CAC-A;

- применение особой системы контроля фиксированной дуги Arc Force Control. С помощью нее устанавливается ток короткого замыкания, как для жесткой, так и для мягкой дуги во время падения вольтамперного показателя;

- наличие системы Arc Control, которая помогает реализовать эффективное управление дугой во время сварки в среде защитных газов, а также посредством порошковой проволоки. Кроме того, данная технология дает возможность контролировать образование искры, следить за пинч-эффектом, регулировать форму шва и текучесть металла.

Надежные системы позволяют значительно продлить срок повторяющихся настроек. Для стабилизации выходных сварочных характеристик имеет место 10% компенсация напряжения в сети. При проектировании аппарата значительное внимание уделялось внешней эргономике, благодаря чему Idealarc DC-400 легко помещается в целевом пространстве, экономя много места [13].

2.4 Вспомогательное оборудование

Для центровки торцов труб при сварке корневого шва методом STT, согласно РД 153-006-02 [1], применяется внутренний гидравлический центратор. Внутренний центратор придает торцам, собираемых труб, форму окружности, обеспечивая их концентричную сборку, равномерно распределяя разность периметров.

Преимущество внутренних центраторов по сравнению с наружными состоит в том, что стык, оставаясь открытым, позволяет вести сварку первого

слоя непрерывно и использовать сварочные полуавтоматы. Внутренние центраторы имеют электрогидравлический привод и два независимых ряда центрирующих жимков (кулачков).

Питание всех центраторов осуществляется от сварочных агрегатов постоянного тока.

Сборка под сварку труб магистрального трубопровода является ответственной операцией, во многом определяющее качество шва.

Согласно РД 153-006-02 п.6.1.31 [1] сборку на внутреннем центраторе стыков труб с заводской разделкой кромок или кромок, подготовленных механическим способом под последующую сварку корневого слоя шва методом STT следует осуществлять без прихваток. Выбираем внутренний гидравлический центратор ЦВ-104 (Приложение Б).

Перемещение центратора происходит с помощью штанги закрепленной за стрелу трубоукладчика Komatsu - D355C.

Трубоукладчик Komatsu - D355C. Для выполнения различных подъемно-транспортных операций на строительстве магистрального трубопровода диаметром 1020 мм, используем трубоукладчик Komatsu-D355C (рисунок 2).



Рисунок 2 - Трубоукладчик Komatsu-D355C

Привод механизмов навесного оборудования гидравлический.

Трубоукладчик Komatsu D355C-3 имеет гусеничную ходовую часть подобную к гусеничному крану ДЭК 323. Установлена независимая подвеска с поперечной балансирной балкой.

Отличительной особенностью спецтехники является оборудование, используемое для укладки трубопроводов. Машина отличается большой грузоподъемностью, которая составляет 92 тонны, поэтому лучше всего подходит для крупномасштабных строек, где происходит сварка, укладка труб крупного диаметра.

В трубоукладчике применены материалы, позволяющие его эксплуатировать при температуре от +40 до -60° С.

Сварочная палатка. Механизованная сварка должна производиться в специальных палатках для обеспечения защиты зоны сварки от осадков и во избежание сдувания ветром потока защитного газа.

Палатка сварщика представляет собой небольшой шатер, позволяющий осуществлять целый комплекс сварочно-монтажных работ, вне зависимости от погодных условий.

В качестве основания палатки используется легкий, но достаточно надежный и прочный каркас. Легкий металлический каркас такой палатки легко монтируется. Благодаря различным конфигурациям палаток и укрытий для сварщиков, их можно адаптировать для работы в сложных промышленных условиях.

Палатка защищает место сварки от ветра, пыли, дождя и снега. Вентилятор служит для удаления дыма образующегося при сварке. В случае атмосферных осадков сваренный стык следует укрывать термоизолирующим поясом до полного остывания стыка. Ремонт стыков, сваренных с использованием комбинированной системы сварки, следует осуществлять электродами с основным видом покрытия.

Самоходная энергетическая машина АСТ-4-А. Самоходная энергетическая машина АСТ-4-А сделана на базе шасси трактора ТТ-4М. В зависимости от комплектации, предназначен для механизированной сварки порошковой проволоки или сварки в среде защитных газов неповоротных стыков стальных труб диаметром 1020 мм, питания переменным электрическим током переносного электроинструмента, а так же для выполнения других сварочных работ (рисунок 3).



Рисунок 3 - Самоходная энергетическая машина АСТ-4-А
1 - источник питания DC 400; 2 - генератор дизельный ЯМЗ-238

Агрегат состоит из базового трактора, кузова-фургона и поворотной стрелы.

Базой агрегата является трактор без трелевочного оборудования. К раме трактора крепится рама агрегата, на которой смонтирован теплоизолированный кузов-фургон.

Внутри кузова находится электростанция (2) и сварочные выпрямители (1). Электростанция и сварочные выпрямители установлены на выдвижных рамах для удобства их монтажа (демонтажа).

Агрегат может использоваться в полевых условиях при температуре окружающего воздуха от -40°C до $+40^{\circ}\text{C}$ и относительной влажностью воздуха 95%.

Термозащитный пояс. Теплоизоляционный пояс (ТЗПс-1020) ТУ 5769-021-78959293-11 [14] предназначен для теплоизоляции и

термостабилизации зоны сварного стыка (медленное охлаждение) для предупреждения образования холодных трещин, остаточных напряжений и деформаций.

Основные параметры и размеры теплоизоляционного пояса (ТЗПс-1020) приведены в таблице 8.

Таблица 8 – Основные параметры и размеры ТЗПс-1020 [14]

Наименование изделия	Диаметр трубопровода Ø, мм	Длина L, мм	Ширина B, мм	Толщина H, мм	Масса, кг
ТЗПс-1020	1020	3600±100	300	30±5	3,5±01

Изготовленный методом сшивания и состоящий из чехла-корпуса и теплоизоляционного слоя, расположенного внутри чехла-корпуса, длиной (L) 1000-5000 мм (зависит от диаметра трубопровода на котором используется), шириной (B) 200-700 мм, толщиной (H) 10-40 мм. Рабочая поверхность чехла-корпуса пояса (состоящая в контакте с поверхностями трубопровода) изготовлена из огнеупорных тканей и рассчитана на температуру эксплуатации до 1100° С. Теплоизоляционный слой пояса содержит несколько слоев теплоизоляционной ткани (материала) с низким значением теплопроводности (0,05 Вт/м*К и ниже). Термозащитный пояс для защиты сварного шва фиксируется на трубопроводе с нахлестом.

Фиксатор состоит из ремней расположенных с одной стороны на внешней стороне изделия, которые закрепляются на пряжках расположенных с противоположной стороны изделия. Фиксатор может состоять из цепей, шнуров, ленты контактной (липучка), расположенных с одной стороны на внешней стороне изделия, которые закрепляются на крюках, пряжках, или ответной части ленты контактной расположенных с противоположной стороны изделия [14].

2.5 Участок сварки трубопровода

При сварке в трассовых условиях оптимально технологическому процессу соответствует поточно-расчлененный метод сборки и сварки (Приложение В)

Этот метод заключается в следующем: на участке сварки корневого шва методом STT (2) происходит центровка труб с последующей сваркой и зачисткой корневого шва, после чего производится переезд на следующий стык, на участке сварки заполняющих слоев производится сварка порошковой проволокой типа Innershield (3) и зачистка после каждого прохода; на последнем участке производится сварка облицовочного слоя (4) и окончательная зачистка шва [2]. Сварка методом STT и Innershield, в каждой палатке, производится двумя сварщиками одновременно.

3 Технологический раздел

3.1 Сущность процесса сварки STT

Способ механизированной сварки методом STT предназначен для односторонней механизированной сварки корневого слоя шва неповоротных и поворотных стыков труб проволокой сплошного сечения в среде углекислого газа.

Процесс STT – преемник обычного процесса механизированной сварки в среде защитного газа, реализующего метод переноса короткими замыканиями. Однако STT принципиально отличается от него возможностью прямого управления условиями переноса наплавляемого металла в сварочную ванну. Эта возможность обеспечивается быстродействующей инверторной схемой источника питания, специальным электронным микропроцессорным модулем, принудительно задающим необходимый уровень сварочного тока и контуром обратной связи, динамично отслеживающим изменения напряжения на дуге. В течение всего цикла переноса капли в сварочную ванну величина сварочного тока жестко зависит от фазы формирования и перехода последней. Идентификация фазы переноса осуществляется за счет обработки величины напряжения постоянно снимаемого с дугового промежутка [15].

Прецизионное управление переносом металла в зону сварки, производимой в среде защитного газа, обеспечивает:

- минимальное разбрызгивание;
- значительное снижение дымообразования;
- отсутствие сварочных деформаций и прожогов за счёт глубокого управления количеством тепла, вводимого в сварочную ванну (тепловложение);
- гарантированное проплавление и великолепный обратный валик;
- качество сварного соединения, не уступающее получаемому аргонодуговой сваркой, но при существенно (в 3-4 раза) более высокой скорости сварки и значительно меньших требованиях к квалификации сварщика.

Процесс прост в использовании, обеспечивает хороший контроль сварочной ванны и позволяет значительно снизить вероятность образования несплавлений. Он не требует от сварщика высокой квалификации для того, чтобы выполнить качественное сварное соединение. Кроме этого, время обучения сварщиков сокращает простота процесса STT.

Сварка корневых швов стыков труб является наиболее сложным этапом при сооружении трубопроводов. На этом этапе предъявляются определенные требования к самому процессу сварки. При сварке корня шва с помощью традиционного механизированного процесса не происходит непосредственного управления сварочным током. Вместо этого управляемым параметром является среднее напряжение. При таком методе управления всегда есть существенный риск перегрева сварочной ванны и снижения её вязкости ниже допустимого уровня. В результате обратный валик может быть плохо сформирован и иметь плоскую или даже вогнутую форму. Кроме того, сварщику приходится удерживать дугу на передней кромке сварочной ванны, чтобы обеспечить хорошее проплавление. Если дуга слишком отстаёт от передней кромки, проплавление будет не полным. Если же дуга слишком опережает переднюю кромку, то вероятность прожогов резко возрастает [15].

Управление сварочным током и скоростью подачи проволоки при процессе STT ведётся независимо, поэтому поддерживать температуру и вязкость сварочной ванны значительно легче. Следовательно, легче достичь качественного проплавления. Именно это свойство процесса STT делает его весьма удобным и эффективным для выполнения корневого прохода. Оператору достаточно просто удерживать дугу на передней кромке сварочной ванны. Сварщики с большим опытом работы на трубопроводах по традиционным методам оценивают этот процесс, как наиболее простой, удобный и качественный из имеющихся. Они отмечают и резкое снижение интенсивности сварочных брызг при работе в потолочном положении. Отсутствие «карманов» и относительно большое сечение корневого шва исключают необходимость в выполнении «горячего» прохода и повышают темп сварочных работ. Используя

сварку STT, с ее возможностью управлять механизмом переноса и отличным контролем за формированием сварочной ванны, удастся значительно облегчить выполнение корневого шва.

Режимы сварки процессом STT имеют более широкий диапазон по сравнению с обычной сваркой в среде защитных газов. Если при обычной сварке трубы (заданной марки и типоразмера), для получения качественного соединения, используются конкретные значения напряжения дуги и скорости подачи сварочной проволоки (сварочного тока), то процесс STT имеет различные варианты режимов для этих целей. При этом используются проволока большего диаметра по сравнению с той, которая применяется при аналогичных работах с использованием стандартных источников, имеющих жесткую характеристику.

Сварку STT относят к так называемым «холодным» процессам. Общее количество тепла, выделяемое дугой, значительно ниже, чем при обычной механизированной сварке в среде защитных газов. Однако это не приводит к образованию таких дефектов как несплавление, потому, что маленький размер сварочной ванны не позволяет ей «убежать», сварочная ванна постоянно находится под контролем сварщика [16].

При сварке труб методом STT используется разделка кромок в соответствии с РД 153-006-02 [1] (рисунок 4).

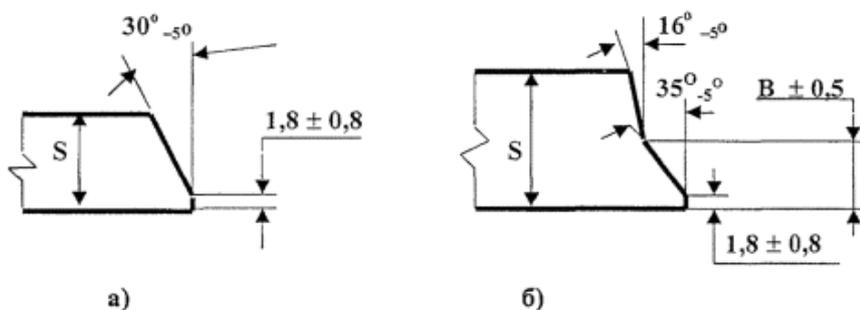


Рисунок 4 – Форма заводской разделки кромок труб [1]:

- а) - с нормативной толщиной стенки $S < 15$ мм;
- б) - с нормативной толщиной стенки $S \geq 15$ мм

В нашем случае толщина стенки трубы 12 мм, поэтому выбирается тип разделки на рисунок 5, а.

Однако при этом обычно устанавливается увеличенный зазор, составляющий 2,0-2,5 мм. Процесс менее чувствителен к плохой сборке, чем обычные методы сварки.

Вылет электрода составляет 9,5-15,9 мм. Обычной ошибкой при сварке является слишком большой вылет. Для лучшего контроля над вылетом электрода необходимо, чтобы контактный наконечник выступал от торца сопла сварочной горелки на расстоянии 6,4 мм.

3.2 Сущность механизированной сварки порошковой проволокой типа Innershield

Механизированная сварка самозащитной проволокой - это разновидность процесса механизированной сварки плавящимся электродом, не требующая дополнительной газовой защиты зоны сварки. Сварка осуществляется на прямой полярности.

Технология сварки с использованием самозащитной порошковой проволоки может применяться как для сварки линейных стыков, так и для сварки соединений при выполнении специальных сварочных работ: захлестов, сварке разнотолщинных соединений - труба-труба, труба-запорная арматура, труба-деталь трубопровода. Сварка самозащитной порошковой проволокой может применяться в условиях, неприемлемых для сварки в защитных газах, например, без укрытий при наличии ветра.

Способ сварки самозащитой порошковой проволокой имеет следующие особенности, обуславливающие его преимущества перед ручной дуговой сваркой покрытыми электродами:

- возможность форсировать режим сварки, например, при использовании проволоки диаметром 1,98 мм повышается производительность наплавки на 50-75 % по сравнению с ручной дуговой сваркой электродами с

основным видом покрытия диаметром 4,0 мм, для которых производительность наплавки составляет 1,4-1,5 кг/ч;

- более высокая эффективность работы сварщика в связи с отсутствием необходимости останавливать процесс сварки для смены электродов;

- низкий процент ремонта сварных швов за счет возможности выплавить дефекты, используя характерную для способа высокую плотность тока;

- возможность осуществления сварки при сильном ветре за счет особой системы защиты капель расплавленного металла и ванны;

- устранение значительного количества дефектов, обычно образующихся при обрыве и зажигании дуги при частой смене электрода;

- отсутствие необходимости сушки проволоки перед ее использованием;

- возможность использования способа для сварки захлестов и при специальных сварочных работах;

- техника сварки порошковой проволокой достаточно проста.

Некоторые недостатки, возникающие при сварке порошковой проволокой:

- процесс сварки проволокой Innershield происходит на высоком токе (230-300 А) и сопровождается достаточно большим разбрызгиванием. При этом капли имеют высокую температуру. В связи с этим при сварке проволокой типа Innershield (в особенности для проволоки диаметром 1,98 мм) необходимо использование специальной одежды (кожаные костюмы) и масок (фиброметалл);

- проволока имеет гигиенический сертификат, однако процесс сопровождается повышенным аэрозолевыделением.

3.3 Выбор сварочных материалов

Для сварки корневого слоя методом STT, выбираем электродную проволоку L - 56 которая полностью отвечает требованиям и 100% защитный газ (CO₂).

Углекислый газ (CO₂) - бесцветный, со слабым запахом, с резко выраженными окислительными свойствами, хорошо растворяется в воде. Тяжелее воздуха в 1.5 раза, может скапливаться в плохо проветриваемых помещениях, в колодцах, приямок. Выпускается (ГОСТ 8050-85 [17]) трех сортов: высший - 99.8% CO₂, 1-й - 99.5% и 2-й - 98.8%. Двуокись углерода 2-го сорта применять не рекомендуется. Для снижения влажности CO₂ рекомендуется установить баллон вентиляем вниз и через 1 - 2 ч открыть вентиль на 8 - 10 с для удаления воды. Чтобы удалить попавший внутрь воздух, перед сваркой из нормально установленного баллона выпускают небольшое количество газа,. Физико-химические показатели газообразной жидкой двуокиси углерода представлены в таблице 9.

Таблица 9 – Физико-химические показатели газообразной жидкой двуокиси углерода [17]

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

Низкоуглеродистая проволока Super Arc L-56. Основное назначение: сварочная проволока сплошного сечения L-56 низкоуглеродная омедненная сварочная проволока сплошного сечения с высоким уровнем легирования марганцем и кремнием. Основное применение сварка корневого прохода стыков

магистральных трубопроводов методом STT II с нормативным пределом прочности до 588 Н/мм² включительно. Сочетание метода STT II и проволоки Super Arc L-56, сертифицировано ВНИИСТ.

Позволяет сваривать загрязненные и покрытые коррозией детали. Обеспечивает: минимальное разбрызгивание, хорошую растекаемость металла, отличный внешний вид шва. Диапазон применяемых защитных газов - от 100% CO₂, до смесей с высоким содержанием аргона. Химический состав и механические свойства наплавленного металла указаны в таблице 10 и 11 [18].

Таблица 10 - Химический состав проволоки Super Arc L-56 [18]

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

Таблица 11 – Механические свойства наплавленного металла [18]

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

ПС = в состоянии после сварки.

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

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

Марка проволоки NR-208S применяется: для механизированной сварки без использования защитных газов; горячего заполняющего и облицовочного проходов стыков магистральных трубопроводов с нормативными пределом прочности до K60 включительно. Аттестована проволока NR-208S в установленном порядке и допущена для сварки стыков труб газонефтепровода различного диаметра и толщин стенок. Химический состав наплавленного металла и механические свойства проволоки NR-208S приведены в таблице 12.

Таблица 12 – Химический состав наплавленного металла и механические свойства проволоки NR-208S [19]

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

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

3.4 Выбор режимов сварки

К основным параметрам дуговой сварки относятся: сила сварочного тока $I_{СВ}$; напряжение дуги $U_{д}$; скорость сварки $V_{СВ}$; скорость подачи электродной проволоки $V_{п.п.}$

Типичные режимы сварки корневого шва для трубы с толщиной стенки (12 мм) и более приведены в таблице 13 [1].

Таблица 13 – Параметры режимов при сварке корневого слоя шва [1]

Тип сварочной проволоки	Диаметр сварочной проволоки, мм	Защитный газ	Расход газа, л/мин	Скорость подачи, дюйм/мин	Пиковый ток, А	Базовый ток, А	Зазор, мм
L-56	1,14	100 % CO ₂	12	140	350	50	2,4

Для сварки «горячего», заполняющего и облицовочного слоев методом Innershield в каждом конкретном случае разрабатывается конкретная технология сварки в зависимости от диаметра, толщины стенки трубы и вида слоя. При этом сочетания параметров выбираются в соответствии с таблицей 14.

Таблица 14 – Параметры режимов при сварке слоев шва проволокой Innershield [1]

Наименование Слоя	Марка проволоки	
	Innershield NR-207 и Innershield NR-208 Special диаметром. 1,7 мм	
	Скорость подачи проволоки, дюйм/мин	Напряжение В
«Горячий проход»	90- 100	18 -19
Заполняющие	90 -100- 110	18- 19- 20
Корректирующий, Облицовочный	80- 90	17 -18

3.5 Технология сварочно-монтажных работ

До начала работ следует провести входной контроль основного и сварочного материала. Проверить наличие сертификатов (паспортов) на трубы, детали и запорную арматуру и все сварочные материалы, которые будут использованы для сооружения объекта, а также соответствие маркировки (клейма) к обозначениям, указанным в сертификатах (паспортах).

При отсутствии клейм, маркировки, сертификатов (или других документов, удостоверяющих их качество) трубы и детали трубопровода к сборке и сварке не допускаются.

На поверхности труб или деталей не допускаются:

- трещины, плены, рванины, закаты любых размеров;
- царапины, риски и задиры глубиной более 0,2 мм;

- местные перегибы, гофры и вмятины;
- расслоения на концах труб [20].

Следует проверить соответствие формы, размеров и качества подготовки свариваемых кромок, в том числе расточки под заданный внутренний диаметр, требованиям технологической карты.

Перед сборкой труб необходимо очистить внутреннюю полость труб и деталей трубопроводов от попавшего грунта, снега и т.п. загрязнений, а также механически очистить до металлического блеска кромки и прилегающие к ним внутреннюю и наружную поверхности труб, деталей трубопроводов, патрубков арматуры на ширину не менее 10 мм.

Следует проверить соответствие минимальной фактической толщины стенки в зоне свариваемых торцов допуском, установленным ТУ на поставку труб после расточки под заданный внутренний диаметр.

Перед сборкой следует осмотреть поверхности кромок свариваемых элементов. Устранить шлифованием на наружной поверхности неизолированных торцов труб или переходного кольца цапапины, риски, задиры глубиной до 5 % от нормативной толщины стенки, но не более минусового допуска на толщину стенки в соответствии с техническими условиями на трубы [20].

Разделка кромок труб по ГОСТ 16037-80 [21] показана на рисунке 5.

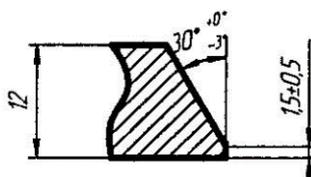


Рисунок 5 - Разделка кромок по ГОСТ 16037-80 [21]

Забоины и задиры фасок глубиной до 5 мм труб 1-й и 2-й групп прочности следует отремонтировать электродами с основным видом покрытия типа Э50 диаметром 2,5 - 3,2 мм; 3-й группы прочности электродами с основным видом

покрытия типа Э60 диаметром 3,0 - 3,2 мм. Отремонтированные поверхности кромок труб следует зачистить абразивным инструментом путем их шлифовки, при этом должна быть восстановлена заводская разделка кромок, а толщина стенки трубы не должна быть выведена за пределы минусового допуска.

При сборке стыков бесшовных труб с нормативной толщиной стенки от 10 мм и более смещение внутренних кромок не должно превышать 2 мм. Допускаются местные внутренние смещения кромок труб, не превышающие 3 мм на длине не более 100 мм. При толщине стенки менее 10 мм допускается смещение внутренних кромок до 40 % от нормативной толщины стенки, но не более 2 мм. Величина наружного смещения в этих случаях не нормируется, однако при выполнении облицовочного слоя шва должен быть обеспечен плавный переход поверхности к основному металлу.

Сборку труб любого диаметра под последующую сварку корневого слоя шва методом STT при линейном строительстве или капитальном ремонте с заменой трубы, следует производить на внутреннем центраторе.

Сборку на внутреннем центраторе стыков труб с заводской разделкой кромок или кромок, подготовленных механическим способом под последующую сварку корневого слоя шва сваркой методом STT, следует осуществлять без прихваток. Если в процессе установки технологического зазора возникла необходимость в установке прихваток, то они должны быть полностью сошлифованы в процессе сварки корневого слоя шва.

Механизированную сварку STT корневого шва неповоротных стыков труб, ведут на спуск (рисунок 6).

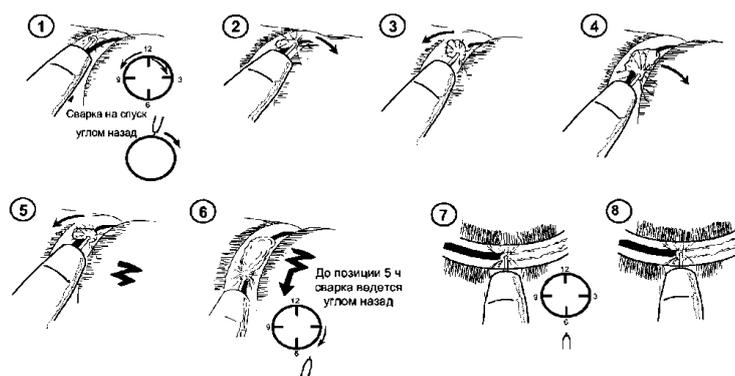


Рисунок 6 - Техника сварки корневого шва неповоротных стыков трубопроводов методом STT [1]

Процесс начинают в верхней части трубы в положении 12-ти часов. Возбуждение дуги производят на одной из кромок (1). Затем дугу переносят на противоположную кромку, формируя при этом сварочную ванну (2). Сварку осуществляют с дугообразными колебаниями небольшой амплитуды. Дугу следует располагать внутри сварочной ванны в первой 1/4 или 1/3 от ее переднего фронта. Располагать на передней кромке сварочной ванны дугу, нельзя. В позициях от 12-ти до 1-го часа сварку производят углом назад (1). При этом угол наклона электрода составляет 30–45°. Совершая дугообразные колебания, не следует задерживаться на кромках трубы. К увеличению проплавления приводят прямолинейные колебания с кромки на кромку. При обычной механизированной сварке в защитных газах увеличение проплавления происходит при размещении дуги на передней кромке ванны. Однако при сварке STT большая глубина проплавления достигается, если дуга горит внутри сварочной ванны.

С позиции 1-го часа амплитуду колебаний можно уменьшить и затем совсем прекратить их, продолжая двигаться вдоль стыка и располагая дугу внутри сварочной ванны в первой трети от ее переднего фронта (6). Угол наклона электрода на этом участке уменьшают на 10°.

В позиции от 4 до 5 угол наклона горелки постепенно доводится до перпендикулярного положения, а колебания можно возобновить (7). Это зависит

от зазора и притупления свариваемых кромок (8). При прекращении сварки прерывается дуга на одной из кромок. По внешнему виду наплавленного валика можно судить о необходимости корректировки сварочных параметров [1].

В процессе работы с использованием самозащитной порошковой проволоки следует учитывать следующие технологические особенности:

- перед выполнением первого слоя порошковой проволокой (горячего прохода), необходимо осуществить тщательную зачистку (шлифовку) корневого слоя абразивным кругом до состояния «чистый металл»;

- процесс сварки порошковой проволокой во всех случаях выполняется на постоянном токе прямой полярности;

- направление сварки - на спуск;

- начинать сварку следует всегда при вылете проволоки 12-15 мм.

При этом срез проволоки слегка соприкасается с трубой или немного приподнят над ее поверхностью. После зажигания дуги вылет электрода (проволоки) должен быть увеличен до 20 мм.

В потолочном положении рекомендуется увеличить вылет электрода до 25-30 мм;

- уменьшение вылета проволоки менее рекомендуемой величины приводит к появлению пористости, а увеличение - к недостаточному разогреву конца проволоки, вследствие чего она начинает «стучать» по трубе; процесс сварки становится нестабильным;

- угол наклона электрода постоянно меняется в процессе сварки.

В точке начала сварки (0 ч) угол должен составлять 20-30°; при движении от 0 ч до 3 ч угол постепенно увеличивается до 45-50°; от 3 ч до 5 ч угол постепенно доводится до 0° (перпендикулярно телу трубы); от 5 ч до 6 ч угол доводят до 10-15° «углом вперед». При изменении угла наклона можно контролировать степень проплавления. При увеличении угла степень проплавления уменьшается, а при уменьшении угла – увеличивается.

Усиление облицовочного слоя шва должно составлять 1,0-3,0 мм. Перекрытие кромок должно находиться в пределах 1,5-2,5 мм в каждую сторону, если иное не предусмотрено нормативной документацией на объект.

В связи с большой линейной скоростью сварки и особенностью формирования сварного шва в вертикальной плоскости перед выполнением облицовочного слоя в положении 1 ч-5 ч (2 ч 4 ч) выполняют дополнительный (корректирующий) слой. Корректирующий слой позволяет обеспечить равномерность заполнения разделки перед наложением облицовочного слоя (слоев). Расположение и количество корректирующих слоев зависят от толщины стенки трубы и особенностей заполнения разделки каждым сварщиком.

Для формирования лучшей формы облицовочного валика, рекомендуется некоторое «недозаполнение» разделки перед его наложением в нижнем и потолочном положениях. При этом в вертикальном положении разделка должна быть заполнена практически заподлицо с основным металлом

Ориентировочное количество слоев (проходов) при сварке трубы диаметром 1020 мм с толщиной стенки 12 мм приведено в таблице 15.

Таблица 15 - Ориентировочное количество слоев при сварке нефтепровода [1]

Толщина стенки трубы, мм	Корневой шов	Горячий проход	Заполняющие проходы		Корректирующие проходы между поз. 2 ч-4 ч	Облицовочные проходы	Общее количество проходов В поз 0 ч-6 ч и 2 ч-6ч	Общее количество проходов поз. 3 ч
			Слой за один проход	Слой за несколько проходов				
Сварка проволокой NR-207 d 1,7 мм								
12,0	1	1	2-3	-	1	1-2	5-6	6-7
Сварка проволокой NR-208S d 2,0 мм								
12,0		1	2	-	1	1	5	6

В процессе сварки стыка необходимо производить зачистку всех слоев от шлака и брызг металла. Облицовочный слой шва должен перекрывать основной металл на 1,5 - 2,5 мм с каждой стороны разделки и иметь усиление 1-3 мм (рисунок 7).

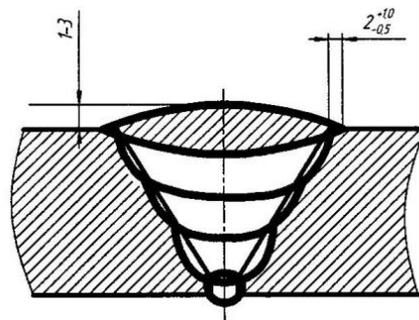


Рисунок 7 - Схема заполнения разделки труб с толщиной до 13 мм со стандартным, 30° скосом кромок

Участки поверхности облицовочного слоя с грубой чешуйчатостью (превышение гребня над впадиной составляет 1 мм и более), а также участки с превышением усиления не следует обработать шлифовальным кругом или напильником.

3.6 Контроль качества

Согласно ВСН 012-88 [3] для обеспечения требуемого уровня качества необходимо производить:

- а) проверку квалификации сварщиков;
- б) контроль исходных материалов, труб и трубных заготовок, запорной и распределительной арматуры (входной контроль);
- в) систематический операционный (технологический) контроль, осуществляемый в процессе сборки и сварки;
- г) визуальный контроль (внешний осмотр) и обмер готовых сварных соединений (для сварных соединений, выполненных двусторонней автоматической сваркой под слоем флюса - дополнительно по макрошлифам);
- д) проверку сварных швов неразрушающими методами контроля.

В качестве методов и объемов неразрушающего контроля ко всем (100 %) сварным соединениям нефтепроводов применяется визуально-измерительный и ультразвуковой контроль.

Визуально–измерительный контроль (ВИК)

ВИК – это внешний осмотр сварных конструкций, как невооруженным глазом, так и при помощи различных технических приспособлений для выявления более мелких дефектов, не поддающихся первоначальной визуализации, а также с использованием преобразователей визуальной информации в телеметрическую. ВИК относится к органолептическим (проводится органами чувств) методам контроля и осуществляется в видимом спектре излучений. Визуальное обследование в поисках теоретических дефектов производят с внешней стороны сварного шва, где при их обнаружении можно выполнить минимальные измерения с помощью инструментов, заключить акт визуального осмотра.

Для визуального контроля качества сварных швов, используется универсальный шаблон сварщика (УШС-3). Он позволяет определять параметры дефектов, таких как забоины, зазоры, притупления, углы скоса и превышения кромок.

По результатам обмера сварные соединения, выполненные механизированными методами, должны удовлетворять следующим требованиям:

- величина внутреннего смещения кромок не должна превышать 20% толщины стенки трубы, но не более 3 мм. 25% толщины трубы, но не более 4 мм длиной 300 мм, но не более одного на стык;

- облицовочный слой шва должен перекрывать основной металл на 1,5 - 2,5 мм с каждой стороны разделки и иметь усиление 1-3 мм.

- участки поверхности облицовочного слоя с грубой чешуйчатостью (превышение гребня над впадиной составляет 1 мм и более), а также участки с превышением усиления следует обработать шлифовальным крутом или напильником.

- глубина подрезов не должна превышать 1% толщины стенки, но не более 3 мм длиной 150 мм.

Ультразвуковой метод неразрушающего контроля

Идея состоит в том, чтобы регистрировать параметры упругих колебаний, создаваемых в исследуемом объекте. Технология хороша для выявления внутренних и поверхностных дефектов. Ультразвуковой метод неразрушающего контроля оптимально подходит для обнаружения:

- неоднородностей структуры;
- поры;
- непровары шва;
- несплошности и несплавления шва;
- расслоения наплавленного металла;
- трещины в околошовной зоне;

На основании результатов такой диагностики можно судить о физико-механических свойствах металлов, не разрушая их.

Для неразрушающего контроля качества и проверки соответствия швов нефтепровода выбран современный ультразвуковой метод, ГОСТ 14782-86 [22]. Для этого процесса, подходит ультразвуковой дефектоскоп УИУ «СКАНЕР+» модель «СКАРУЧ».

Дефектоскоп УИУ «СКАНЕР+» модель «СКАРУЧ» - Это малогабаритная установка измерительная ультразвуковая серии «Сканер» – модель «СКАРУЧ» (УИУ «СКАРУЧ») предназначена для оперативного обнаружения и определения характеристик дефектов в сварных соединениях и основном металле трубопроводов, сосудов и металлоконструкций с толщиной стенки 4 ... 60 мм и проведения толщинометрии изделий толщиной до 100 мм. Установка используется для ручного и механизированного ультразвукового контроля качества сварных соединений и основного металла со скоростью продольного сканирования 0,5...1,0 м/мин вдоль сварного шва или участка основного металла.

Основные технические характеристики дефектоскопа УИУ «СКАНЕР+» модель «СКАРУЧ» представлены в таблице 16.

Таблица 16 – Технические характеристики дефектоскопа «СКАРУЧ» [23]

Дискретность регистрации:	- датчика пути — 1 мм; - параметров дефекта — 1 мм; - толщины — 0,1 мм;
Измерение параметров дефекта сварного шва с погрешностью:	- по длине ± 1 мм; - по глубине развития $\pm 0,5$ мм;
Определение координат дефекта вдоль шва с погрешностью от пройденного пути:	не более 1 %
Минимально выявляемый дефект:	0,8 ... 1,0 мм
Скорость УЗК:	до 1 м/мин
Регулировка усиления:	85 дБ с дискретностью 1 дБ
Частотный диапазон:	1,0 ... 10,0 МГц
Диапазон прозвучивания:	0 ... 10000 мм (продольные волны)
Перемещение строба:	горизонтальное и вертикальное
Экран :	электролюминесцентный с регулируемой яркостью или цветной жидкокристаллический
Количество запоминаемых настроек:	256
Количество запоминаемых изображений экрана:	1000
Количество точек регулировки ВРЧ:	8
Количество каналов:	8
Количество схем прозвучивания:	16
Диапазон рабочих температур:	-20 ... +45 °С
Габариты:	200 x 225 x 90 мм.
Вес:	3,5 кг (с аккумуляторами)

Основные преимущества УИУ «СКАРУЧ»:

- высокая достоверность УЗК, т.к. в установке «СКАРУЧ» используется 16 схем и методов прозвучивания одновременно на каждом миллиметре сканирования. За счет этого возможно:

- идентифицировать дефект по характеру (плоскостной, объемный, объемно - плоскостной);
- оценить реальные параметры дефекта (длину и высоту);
- оценить эквивалентные размеры дефекта;
- производить автоматическое слежение за уровнем акустического контакта на каждом миллиметре пути.

4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

В данном разделе необходимо определить экономическую целесообразность сварки трубы диаметром 1020 мм толщиной стенки 12 мм комбинированной сваркой в среде защитных газов методом STT и самозащитной порошковой проволокой Innershield.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

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

4.1 Потенциальные потребители результатов разработки технологии

Выпускная квалификационная работа по теме: «Разработка технологии сборки и сварки магистрального нефтепровода из труб диаметром 1020 мм». Суть работы заключается в разработке процесса комбинированной сварки труб при строительстве магистрального нефтепровода. Сегментируем рынок потребления продукции в зависимости от отрасли, размера компании. Карта представлена в таблице 17.

Таблица 17 – Карта сегментирования по отраслям промышленности

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

ЖКХ		ПАО Транснефть		АО Узбекнефтегаз	
-----	--	----------------	--	------------------	--

Из таблицы 17 видно, что основными сегментами являются крупные и средние компании нефтяной и газовой отраслей с высоким и средним уровнем использования на объектах трубопроводов. Следовательно, эти компании являются наиболее заинтересованными в результатах исследования.

4.2 Определение норм времени на сварку

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

Определение норм времени для ручной дуговой и комбинированной сварки производится по методике описанной в [1, 2] (таблица 18).

Таблица 18 – Основное время для ручной дуговой сварки

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

Определение основного времени на сварку производится по формуле:

$$t_0 = \frac{F_n \times \gamma \times 60}{I_{св} \times \alpha_n}, \quad (1)$$

где F_n – площадь наплавленного металла, мм²;

γ – плотность наплавляемого металла, г/см³;

$I_{св}$ – сварочный ток, А;

α_n – коэффициент наплавки, г/А·ч.

Подставляем значения в формулу (1) и получаем для РДС:

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

Подставляем значения в формулу (1) и получаем для КС:

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

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

Необходимые данные для расчета значений времени $t_{в.ш}$, $t_{в.из}$ а также коэффициента $k_{об}$ для ручной дуговой получены из [1] (таблица 19).

Таблица 19 – Вспомогательное время, связанное со сваркой шва

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

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

Расчетные данные для вспомогательного времени, связанного с изделием и работой оборудования представлено в таблице 20.

Таблица 20 – Вспомогательное время, связанное с изделием и работой оборудования

Элементы работы	РДС	КС
Время на установку, мин	7,4	7,4
Снятие и транспортировка, мин	6,4	6,4
Перемещение сварщика, мин	0,2	0,2

Клеймение шва, мин	0,21	0,21
Всего	14,21	14,21

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

Расчетные данные для подготовительно-заключительного времени, представлено в таблице 21.

Таблица 21 – Подготовительно-заключительное время, связанное с наладкой и переналадкой оборудования

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

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

Расчетные данные для штучного времени, представлено в таблице 22.

Таблица 22 – Штучное время

Исходные данные	РДС	КС
t_o – основное время на сварку, мин/м	45	24
$t_{ви}$ – вспомогательное время, связанное со свариваемым швом на 1 пог. м шва, мин	1,59	1,35
l – длина шва $l = \pi \times d$	3,2	3,2

$t_{виз}$ – вспомогательное время, связанное со свариваемым изделием, мин	14,21	14,21
$K_{об}$ – коэффициент, учитывающий затраты времени на обслуживание рабочего места, отдых и естественные потребности	1,1	1,12

Определение штучного времени сварки производится по формуле:

$$T_{шт} = [(t_0 + t_{виз}) \cdot l + t_{виз}] \cdot K_{об}, \quad (2)$$

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

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

l - протяженность сварочного шва данного типоразмера, м;

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

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

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

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

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

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

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

Расчетные данные для определения количества свариваемых труб за смену, представлено в таблице 23.

Таблица 23 – Количество сваренных труб в рабочую смену

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

Определение размера партии производится по формуле:

$$n = \frac{T_{см} \cdot 60}{T_{шт}}, \quad (3)$$

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

$T_{шт}$ – штучное время, мин.

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

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

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

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

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

Расчетные данные для определения штучно – калькуляционного времени, представлено в таблице 24.

Таблица 24 – Штучно-калькуляционное время

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

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

$$T_{штк} = T_{шт} + \frac{t_{п.з.}}{n}, \quad (4)$$

где $T_{шт}$ – штучное время, мин;

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

n – размер партии.

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

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

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

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

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

Расчетные данные для определения массы наплавленного металла, представлены в таблице 25.

Таблица 25 – Масса наплавленного металла шва

Исходные данные	РДС	КС
F_n – площадь наплавленного металла, мм ²	126	126
L – длина шва, м	3,2	3,2
γ – плотность наплавленного металла, г/см ³	7,8	7,8

Определение массы наплавленного металла шва производится по формуле:

$$G_n = F \cdot l \cdot \gamma, \quad (5)$$

где F – площадь наплавленного металла, мм²;

l – длина шва, м;

γ – плотность наплавленного металла.

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

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

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

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

Разница массе наплавленного металла между РДС и КС отсутствует.

4.3 Экономическая оценка сравниваемых способов сварки

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

Текущие затраты на сварочные работы состоят из следующих пунктов:

- сварочные материалы;
- основная зарплата;
- отчисления во внебюджетные фонды;
- электроэнергия;
- ремонт оборудования.

4.3.1 Затраты на сварочные материалы

Основные данные по затратам на сварочные материалы представлены в таблице 26.

Таблица 26 – Затраты на сварочные материалы

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

Определение затрат на сварочные материалы производится по формуле:

$$C_{см} = g_{нм} \cdot k_n \cdot \Pi_{см}, \quad (6)$$

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

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

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

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

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

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

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

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

4.3.2 Затраты на защитный газ

Основные данные по затратам на защитный газ представлены в таблице 27.

Таблица 27 – Затраты на защитный газ

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

Определение затрат на защитный газ производится по формуле:

$$C_{газ} = g_{газ} \cdot t_0 \cdot l \cdot \Pi_{газ}, \quad (7)$$

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

t_0 - основное время на сварку, мин/м;

l - длина сварного шва, м/издел;

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

Подставляем значения в формулу (7) и получаем для автоматической сварки:

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

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

4.4.3 Затраты на заработанную плату рабочих

Основные данные по затратам на заработную плату рабочим представлены в таблице 28.

Таблица 28 – Затраты на заработанную плату рабочих

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

Определение затрат на заработанную плату рабочих производится по формуле:

$$C_3 = \frac{C_{\text{мз}} \cdot t_{\text{шк}}}{F_{\text{мр}} \cdot 60}, \quad (8)$$

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

$F_{\text{мр}}$ – месячный фонд времени работы рабочих, часы/месяц;

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

Подставляем значения в формулу (8) и получаем для РДС:

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

Подставляем значения в формулу (8) и получаем для КС:

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

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

4.4.4 Затраты на отчисления во внебюджетные фонды

Основные данные по затратам на отчисления во внебюджетные фонды представлены в таблице 29.

Таблица 29 – Отчисления во внебюджетные фонды

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

Определение затрат на отчисления во внебюджетные фонды производится по формуле:

$$C_{отч} = \frac{k_{отч} \cdot C_3}{100}, \quad (9)$$

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

C_3 – Затраты на заработанную плату рабочих.

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

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

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

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

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

4.4.5 Затраты на электроэнергию

Основные данные по затратам на электроэнергию представлены в таблице 30.

Таблица 30 – Затраты на электроэнергию

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

Определение затрат на электроэнергию производится по формуле:

$$C_{эм} = \frac{U \cdot I \cdot t_o \cdot l}{60 \cdot \eta \cdot 1000} \cdot \Pi_{эл}, \quad (10)$$

где U – напряжение, В;

I – сила тока, А;

t_o - основное время сварки, мин/м;

l – длина сварного шва, м/изд;

η – коэффициент полезного действия источника питания;

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

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

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

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

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

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

4.4.6 Затраты на ремонт оборудования

Основные данные по затратам на ремонт оборудования представлены в таблице 31.

Таблица 31 – Затраты на ремонт оборудования

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

Определение затрат на электроэнергию производится по формуле:

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

где Ц_j – цена оборудования соответствующего вида;

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

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

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

k_з – коэффициент, учитывающий загрузку оборудования.

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

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

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

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

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

4.4.7 Текущие затраты и расчет себестоимости сварного шва

Основные данные по текущим затратам представлены в таблице 32.

Таблица 32 – Результаты расчетов себестоимости сварного шва

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

По результатам расчетов разница в общих затратах на сварку одного стыка нефтепровода диаметром 1020 мм между РДС и КС, составляет 523 руб, что в процентном соотношении дает снижение затрат на 8 %.

Проведен технико–экономический анализ процесса сварки стыка нефтепровода диаметром 1020 мм толщиной стенки 12 мм между ручной дуговой сваркой и комбинированной сваркой методом STT и Innershield.

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

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

5 Социальная ответственность

В данном разделе рассматривается технология сборки и сварки магистрального нефтепровода из труб диаметром 1020 мм с точки зрения возможности возникновения негативных воздействий на человека и окружающую среду в процессе работы.

Актуальность работы заключается в замене способа ручной дуговой сварки на более современный и технологичный способ комбинированной сварки (механизированную сварку методом STT в среде углекислого газа и механизированную сварку самозащитой порошковой проволокой Innershield) – это позволяет повысить производительность сварки и улучшить условия труда сварщиков.

Рабочее место сварщика расположено на открытом воздухе. Трасса магистрального нефтепровода Тюмень (Россия) - Шымкент (Казахстан) - Пахта - Бухара (Узбекистан) - Сейди (Чарджоу, Туркменистан). Местность равнинная. Климат резко-континентальный, жаркий и засушливый

Объектом исследования является технология сборки и сварки магистрального нефтепровода.

В качестве основного сварочного оборудования применяется: специализированный источник питания Invertec STT-II; подающий механизм STT-10; источник питания Idealarc DC-400; подающий механизм LN-23P; внутренний гидравлический центратор ЦВ – 104; трубоукладчик Komatsu - D355C; самоходная энергетическая машина АСТ-4-А.

Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне: сборка; сварка.

6.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

ВСН 006-89 [3] ведомственные строительные нормы распространяются на сварку кольцевых стыков бесшовных, электросварных прямошовных и спиральношовных труб из горячекатаных, в том числе с контролируемой

прокаткой, нормализованных и термически упрочненных низкоуглеродистых и низколегированных сталей с нормативным значением временного сопротивления на разрыв до 588 МПа и термоупрочненных до 637 МПа диаметром от 57 до 1420 мм с толщиной стенок 5-32 мм, предусмотренных проектом.

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

Документация, оформляемая в процессе строительства, подразделяется:

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

Монтаж нефтепровода осуществляется на сварочном участке 168,5-218,8 км на участке нефтепровода Шымкент (Казахстан) – Пахта (Узбекистан). Работа производится вахтовым методом «месяц через месяц». Рабочий день начинается в 8.00 и заканчивается в 20.00, перерыв на обед с 14.00 до 15.00. Оплата труда сварщика сдельная.

6.2 Производственная безопасность

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

Для выбора факторов использовался ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» [5]. Перечень опасных и вредных факторов, характерных для проектируемой производственной среды представлен в виде таблицы 33.

Таблица 33 – Возможные опасные и вредные производственные факторы на рабочем месте на сварочном участке

Факторы по ГОСТ 12.0.003-2015 [6]	Нормативные документы
Производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги тканей организма человека	Внутренние правила предприятия
Неподвижные режущие, колющие, обдирающие, разрывающие части твердых объектов	Внутренние правила предприятия
Производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий	Правила устройства электроустановок ПУЭ (утв. Минэнерго России) (7-ое издание);
Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения	СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение, 2016
Повышенный уровень шума	СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания»
Повышенный уровень общей вибрации	ГОСТ 31192.1-2004 (ИСО 5349-1:2001) Вибрация. Измерение локальной вибрации и оценка ее воздействия на человека. Часть 1. Общие требования
Производственные факторы, связанные с аномальными микроклиматическими параметрами воздушной среды на местонахождении работающего	ГОСТ 12.1.005-88 Общие санитарно - гигиенические требования к воздуху рабочей зоны
Монотонность труда, вызывающая монотонию	Внутренние правила предприятия
Длительное сосредоточенное наблюдение	Внутренние правила предприятия

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

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

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

Допустимые нормы с необходимой размерностью: нормы для оборудования приведены в ГОСТ Р 51337-99. Область ожогового порога при контакте кожи с гладкой горячей поверхностью металла без покрытия в течении 1 с – 65-75 °С.

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

Режущие, колющие, обдирающие, разрывающие части объектов

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения

Источник возникновения фактора: естественное уличное освещение.

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

Допустимые нормы с необходимой размерностью: нормы освещения строительных площадок, наименьшая освещенность должна быть 50 лк (XIII разряд зрительной работы, согласно СП 52.13330.2016 п.7.4)

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

Повышенный уровень шума на рабочем месте

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

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

Допустимые нормы с необходимой размерностью: уровень шума не должен превышать 50-55 дБА, согласно требованиям СанПиН 1.2.3685-21. Максимальный уровень для импульсного шума не должен превышать 125 дБА. Максимальный уровень шума на рабочем месте сварщика не должен превышать 75 дБА.

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

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

Источник возникновения фактора: погодные условия

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

Допустимые нормы с необходимой размерностью: согласно ГОСТ 12.1.005-88 [14] в летнее время температура должна составлять 20-28 °С; в зимнее время 19-24 °С.

Разрабатываемые решения, обеспечивающие снижение влияния выявленных факторов:

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

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

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

Монотонность труда, вызывающая монотонию

Источник возникновения фактора: производственный процесс

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

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

- уменьшить плотность рабочего времени;
- исключить случайно возникающие перебои в работе, организовать ритмизацию трудовых процессов;

- организовать правильный режим труда и отдыха, в частности 30 минутный перерыв после каждых двух часов непрерывной работы или 15 минутный перерыв на каждый час работы.

Длительное сосредоточенное наблюдение

Источник возникновения фактора: нервно-психологические нагрузки.

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

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

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

6.3 Экологическая безопасность

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

Воздействие на литосферу

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

Технический этап рекультивации включает работы, направленные на подготовку земель для последующего целевого использования. Работы технического этапа рекультивации проводятся в течение всего срока ремонта нефтепровода. Из состава работ технического этапа рекультивации на площади, необходимой для размещения проектируемых объектов, закладываются следующие виды работ: 1) уборка строительного мусора, удаление из пределов строительной полосы всех временных устройств; 2) распределение оставшегося грунта по рекультивируемой площади равномерным слоем; 3) засыпка или

выравнивание рытвин и ям; 4) мероприятия по предотвращению эрозионных процессов.

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

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

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

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

В контейнеры исключается попадание атмосферных осадков и запрещается раздувание отходов.

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

Воздействие на гидросферу

На береговых участках, в местах переходов нефтепроводов через водотоки, существует опасность развития эрозионных (абразионных) процессов в результате уничтожения почвенно-растительного слоя и нарушения грунтов естественного сложения. При этом грунты обратной засыпки являются менее устойчивыми к водно-эрозионному воздействию. В результате, в местах переходов нефтепроводов через водотоки значительно возрастает опасность размыва грунтов обратной засыпки и оголения трубы [6].

Для защиты поверхности грунтов обратной засыпки от воздействия ветровой, водной и волновой эрозии на участках перехода нефтепроводом через водотоки на береговом склоне и пойменной части предусмотрена засыпка крупнообломочным каменным материалом фракции 70-120 мм толщиной 0,5 м [6].

Верх укрепления из каменной наброски должен совпадать с естественной поверхностью. Под слоем каменной наброски укладывается геотекстильное полотно. Для защиты грунтов полосы строительства нефтепровода от обводнения в пределах срезок и полок предусмотрено устройство водоотводных канав и водопропусков [6].

Воздействие на атмосферу

Сварочные работы производятся на открытом воздухе. Значения ПДК вредных веществ в воздухе рабочей зоны приведены согласно ГОСТ 12.1.005-88 [13]. Вредными основными веществами, выделяющимися при сварке сталей, являются: окись углерода, хром, марганец и фтористые соединения (таблица 34).

Таблица 34 – Предельно допустимые концентрации вредных веществ, которые выделяются в воздухе при сварке металлов [13]

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

В работе проводится замена ручной дуговой сварки покрытыми электродами на более технически современный способ механизированной сварки в среде защитных газов. Преимущества данного способа в уменьшении

выгорания легирующих компонентов металла и электродных стержней, и как следствие, заметное снижение уровня загрязнения атмосферы при сварочных работах.

6.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Чрезвычайные ситуации, возникающие в результате диверсий, возникают все чаще. Зачастую такие угрозы оказываются ложными. Но случаются взрывы и в действительности. Для предупреждения вероятности осуществления диверсии участок необходимо оборудовать круглосуточной охраной, пропускной системой, надежной системой связи, а также исключения распространения информации о системе охраны объекта, расположении помещений и оборудования в помещениях, системах охраны, сигнализаторах, их местах установки и количестве.

При проведении исследований наиболее вероятной ЧС является возникновение пожара.

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

Таблица 35 – Нормы наличия средств пожаротушения на объектах строительства и ремонта нефтепроводов

Наименование средств пожаротушения	Ед. изм.	Количество
Съемная цистерна (в том числе собственного производства) или резиновая емкость для воды объемом 1500 л	шт.	1
Напорные пожарные рукава (Д=26, 51, 66 мм)	пог.м	300
Зажигательный аппарат	шт.	2
Смачиватели, пенообразователи	кг	20
Электромегафон	шт.	1

Ручные инструменты: лопаты, топоры, мотыги, грабли, пилы поперечные	шт.	5
Противодымные респираторы	шт.	10
Аптечка первой помощи	шт.	2

Общие решения по обеспечению противопожарной безопасности:

- Использовать первичные средства пожаротушения, немеханизированный пожарный инструмент и инвентарь для хозяйственных и прочих нужд, не связанных с тушением пожара, запрещается.

- Заземление передвижных электростанций. Сопротивление заземляющего устройства не должно превышать 25 Ом.

Выводы по разделу Социальная ответственность

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

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

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

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

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

Разработаны мероприятия по прогнозированию и предупреждению чрезвычайных ситуаций различного характера. В перечень рекомендуемых средств пожаротушения входят: пожарная цистерна с водой, огнетушитель ОП-5, ящик с сухим и чистым песком. Категория сварочного участка по

взрывопожарной и пожарной опасности согласно СП 12.13130.2009 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности» относится к категории А, взрывоопасная.

Для хранения отходов, обладающих пожароопасными свойствами организуются специальные места хранения исключающие возможность самопроизвольного возгорания. Сварочный участок по степени воздействия на окружающую среду относится к объектам II категории.

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

Заключение

В данной бакалаврской работе, была произведена замена ручной дуговой сварки покрытыми электродами на механизированную плавящимся электродом методом STT в углекислом газе для корня шва и механизированную самозащитной порошковой проволокой Innershield для заполняющего и облицовочного проходов.

В результате работы были подобраны сварочные материалы и произведен выбор сварочного оборудования. На основе справочных данных были выбраны параметры сварки. Предложен и описан технологический процесс сварки с использованием механизированных аппаратов типа STT и Innershield. Предложен контроль качества.

Проведен технико-экономический анализ процесса сварки стыка нефтепровода диаметром 1020 мм толщиной стенки 12 мм между ручной дуговой сваркой и комбинированной сваркой методом STT и Innershield.

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

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

Можно сделать вывод, что применение комбинированной сваркой методом STT и Innershield экономически оправдано.

Список используемых источников

1. РД 153-006-02 Руководящий документ. Инструкция по технологии сварки при строительстве и капитальном ремонте магистральных нефтепроводов
2. ВСН 006-89 Строительство магистральных и промысловых трубопроводов. Сварка
3. ВСН 012-88 Строительство магистральных и промысловых трубопроводов. Контроль качества и приемка работ. Часть II
4. СП 36.13330.2012 «Магистральные трубопроводы».
5. ОТТ-23.040.00-КТН-051-11 «Трубы нефтепроводные большого диаметра. Общие технические требования».
6. ГОСТ 19281-2014 Прокат повышенной прочности. Общие технические условия (с Изменением N 1).
7. Акулов А.И. Технология и оборудование сварки плавлением: Учебник для студентов вузов.-М.: Машиностроение, 1977-432с.
8. Тенденции развития механизированной сварки с управляемым переносом электродного металла[Текст] В. А. Лебедев// International Scientific-Technical and Production Journal. Avtomaticheskaya Svarka. –2010. –№ 10 – С.45-48.
9. Преимущества полуавтоматической сварки / [Электронный ресурс] – Режим доступа: [promplace.ru /poluavtomaticheskaya-svarka-1532.htm](http://promplace.ru/poluavtomaticheskaya-svarka-1532.htm).
10. Сварка самозащитной проволокой / [Электронный ресурс] – Режим доступа: www.arguslimited.ru.
11. Источник Invertec STT II / [Электронный ресурс] – Режим доступа: [http://www.svarmet.ru/svarka STT-10](http://www.svarmet.ru/svarka-STT-10).
12. Подающий механизм для сварки STT 10 / [Электронный ресурс] – Режим доступа: [http://www.lincolnweld.ru/products/Katalog/ Svarochnoe_oborudovanie/ Mehanizmy_podachi_provoloiki/Stendovye/stt10](http://www.lincolnweld.ru/products/Katalog/Svarochnoe_oborudovanie/Mehanizmy_podachi_provoloiki/Stendovye/stt10).
13. Сварочный источник питания Idealarc DC-400 / [Электронный ресурс] – Режим доступа: www.lincolnelectric.com

14. ТУ 5769-021-78959293-11 Технические условия. Ткани кремнеземные.
15. Методическое пособие: Механизированная сварка в среде углекислого газа методом STT. ВНИИСТ – 1997 г.
16. Тенденции развития механизированной сварки с управляемым переносом электродного металла [Текст] В. А. Лебедев // International Scientific-Technical and Production Journal. Avtomaticheskaya Svarka. –2010. –№ 10 – С.45-48.
17. ГОСТ 8050-85 Двоокись углерода газообразная и жидкая. Технические условия.
18. Сварочная проволока SuperArc L-56 / [Электронный ресурс] – Режим доступа: promssnab.ru -superarc-l-56.
19. Сварочная самозащитная проволока Innershield NR-208S / [Электронный ресурс] – Режим доступа: www.arguslimited.ru.
20. Сварка трубопроводов: Учеб. пособие / Ф. М. Мустафин, Н. Г. Блехерова, О. П. Квятковский и др. — М.: ООО "Недра-Бизнес центр", 2002.- 350 с.
21. ГОСТ 16037-80 Соединения сварные стальных трубопроводов. Основные типы, конструктивные элементы и размеры (с Изменением N 1).
22. ГОСТ 14782-86 Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Методы ультразвуковые
23. Дефектоскоп УИУ «Сканер+» модель «Скаруч» / [Электронный ресурс] – Режим доступа: scaruch.ultes.info

Приложение А
(обязательное)

Комплект технологической документации

Приложение Б
(обязательное)
Комплект чертежей

Оглавление

ФЮРА.000001.006 Участок магистрального нефтепровода	чертеж А1
ФЮРА.000002.006 Поточно-расчлененный метод сборки и сварки	чертеж А1

Дубл.			
Взам.			
Подл.			

ФЮРА.02190.00010

2

ФЮРА.10190.00002

А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код,наименование операции	Обозначение документа										
Б	Код,наименование оборудования					СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Тпз	Тшт.
К/М	Наименование детали,сб.единицы или материала					Обозначение,код						ОПП	ЕВ	ЕН	КИ	Н.расх.
О15	2. Оцентровать трубы с помощью внутреннего центриатора ЦВ -104, согласно чертежу ФЮРА.2068998.003 СБ и карте эскизов ФЮРА.20190.00001															
А03	1	1	1	020	Сварка корневого прохода	ГОСТ 16037-80; РД 39-0147014-535-87										
Б04	Полуавтомат SST Lincoln Electric, источник питания INVERTEC STП					1	19906	6	1	2						
Б05	УШМ Bosch					1	18466	5	1	2						
М06	Круги отрезные (толщина 1,6-2,0 мм) и абразивные (толщины 4-6 мм)					ГОСТ 21963-2002										
М07	Сварочная проволока Super Arc L-56 Ø1,14; газ углекислый					ТУ 1211-030-88301710-2010; ГОСТ 8050-85										
О08	Сварить корневой шов, согласно карте эскизов ФЮРА.20190.00002. Направление сварки на спуск. Зачистить от брызг после сварки.															
Т09	Щиток НН-0-3054, щетка металлическая															
А03	1	1	1	025	Сварка заполняющих и облицовочного прохода	ГОСТ 16037-80; РД 39-0147014-535-87										
Б04	Подающий механизм LN-23P Lincoln Electric, специализированный источник питания DC-400					1	19906	6	1	2						
Б05	УШМ Bosch					1	18466	5	1	2						
М06	Круги отрезные (толщина 1,6-2,0 мм) и абразивные (толщины 4-6 мм)					ГОСТ 21963-2002										
М07	Сварочная проволока NR-208 Special Ø1,7															
О08	Сварить заполняющие проходы, согласно карте эскизов ФЮРА.20190.00003. Направление сварки на спуск. Зачистить от шлака и брызг после сварки каждого прохода.															
О08	Сварить облицовочный проход, согласно карте эскизов ФЮРА.20190.00004. Направление сварки на спуск. Зачистить от шлака и брызг после сварки.															
Т09	Щиток НН-0-3054, щетка металлическая															
МК																

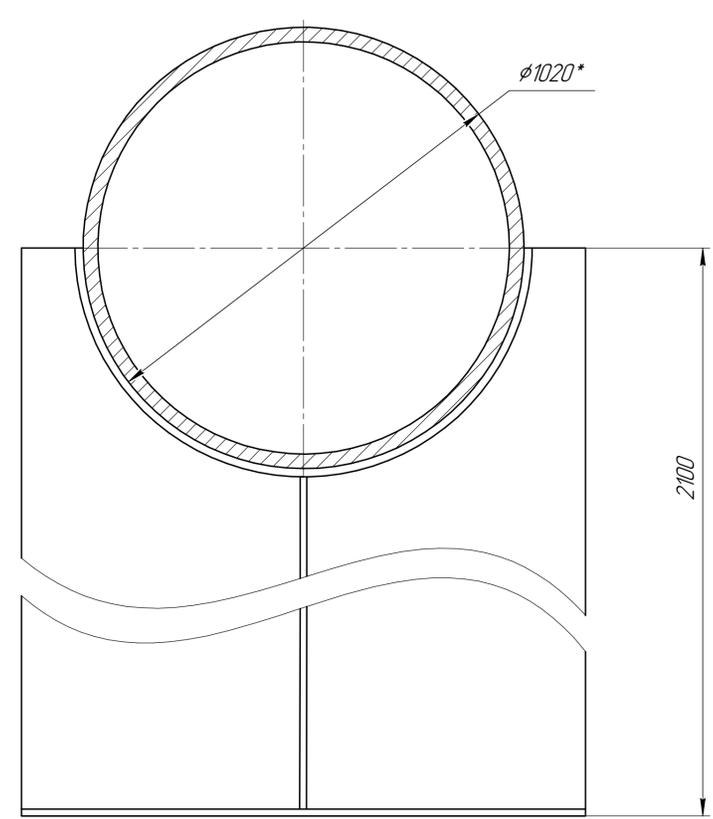
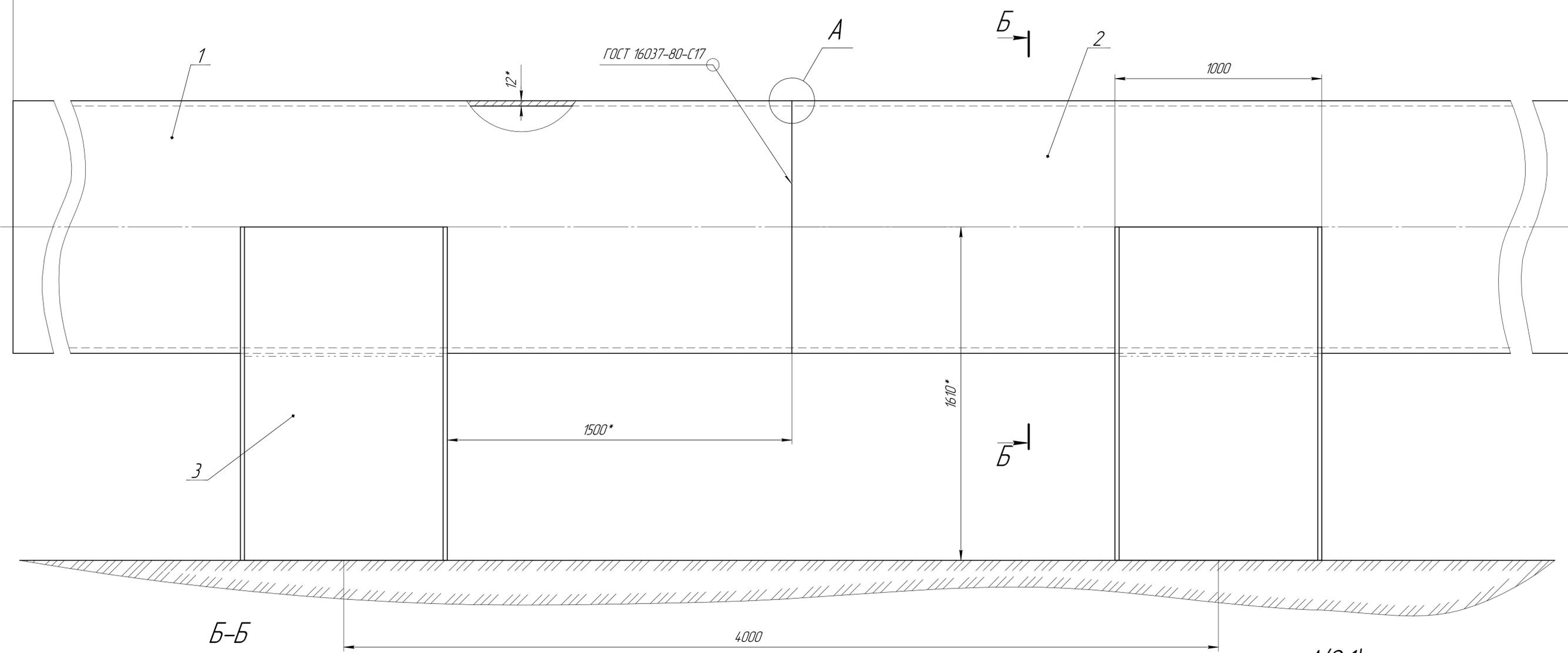
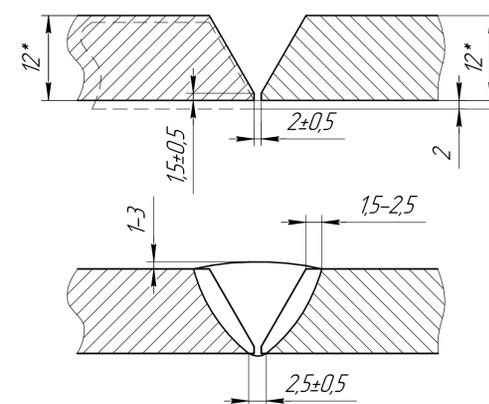


Таблица 1-Техническая характеристика

Наименование параметра		Значение
Давление, МПа	рабочее	4,9
	расчетное	6
Температура, °C	рабочей среды	20
	расчетная стенки	12
	средняя холодной пятидневки	-5
	тип допуст. стенки	-12
	Класс прочности	К 56
Среда	нефтепродукты	
Срок службы, лет	40	
Проектная производительность, млн.т/год	44,5	

A(2:1)



- * Размеры для справок.
- Сварной шов по ГОСТ 16037-80.
- Материал трубопровода 09ГБЮ.
- Трубопровод предназначен для транспортировки агрессивных сред.

ФЮРА.2068998.001 СБ				Лист	Масса	Масштаб
Изм.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Участок магистрального трубопровода	1:10
Разраб.	Каримов О.А.					
Проб.	Ильяченко Д.П.					
Т.контр.						
Исполн.					Лист	Листов 1
Утв.					НИ ТПУ ИШНКБ	
					Группа 3-1В71	
					Формат А1	

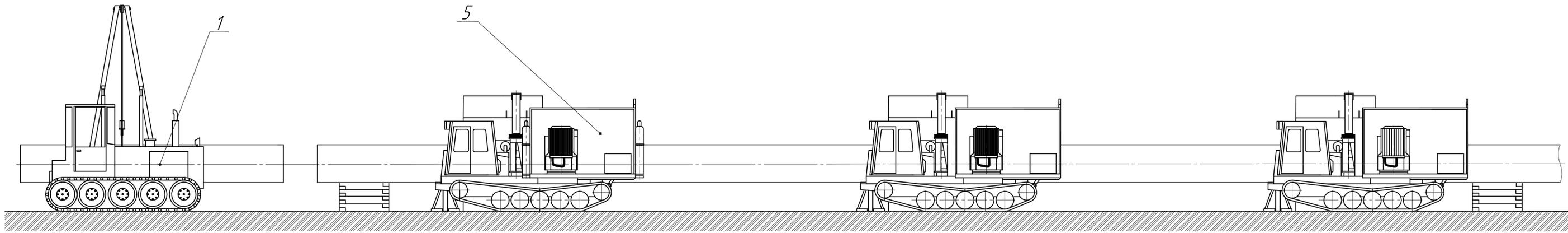
Лист № 1
Лист № 2
Лист № 3
Лист № 4
Лист № 5
Лист № 6
Лист № 7
Лист № 8
Лист № 9
Лист № 10
Лист № 11
Лист № 12
Лист № 13
Лист № 14
Лист № 15
Лист № 16
Лист № 17
Лист № 18
Лист № 19
Лист № 20
Лист № 21
Лист № 22
Лист № 23
Лист № 24
Лист № 25
Лист № 26
Лист № 27
Лист № 28
Лист № 29
Лист № 30
Лист № 31
Лист № 32
Лист № 33
Лист № 34
Лист № 35
Лист № 36
Лист № 37
Лист № 38
Лист № 39
Лист № 40
Лист № 41
Лист № 42
Лист № 43
Лист № 44
Лист № 45
Лист № 46
Лист № 47
Лист № 48
Лист № 49
Лист № 50
Лист № 51
Лист № 52
Лист № 53
Лист № 54
Лист № 55
Лист № 56
Лист № 57
Лист № 58
Лист № 59
Лист № 60
Лист № 61
Лист № 62
Лист № 63
Лист № 64
Лист № 65
Лист № 66
Лист № 67
Лист № 68
Лист № 69
Лист № 70
Лист № 71
Лист № 72
Лист № 73
Лист № 74
Лист № 75
Лист № 76
Лист № 77
Лист № 78
Лист № 79
Лист № 80
Лист № 81
Лист № 82
Лист № 83
Лист № 84
Лист № 85
Лист № 86
Лист № 87
Лист № 88
Лист № 89
Лист № 90
Лист № 91
Лист № 92
Лист № 93
Лист № 94
Лист № 95
Лист № 96
Лист № 97
Лист № 98
Лист № 99
Лист № 100

Участок сборки труб

Участок сварки корневого шва

Участок сварки заполняющего шва

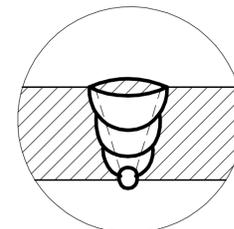
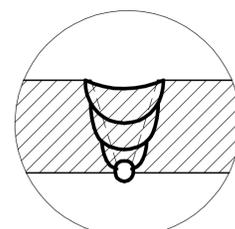
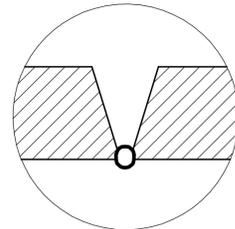
Участок сварки облицовочного шва



Корневой шов

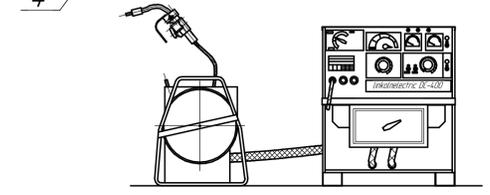
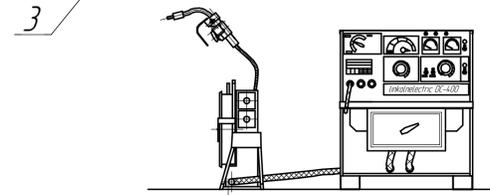
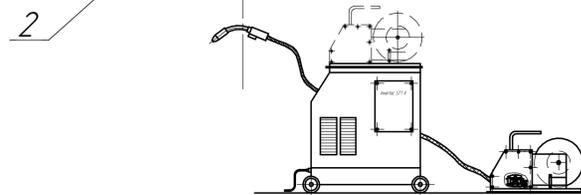
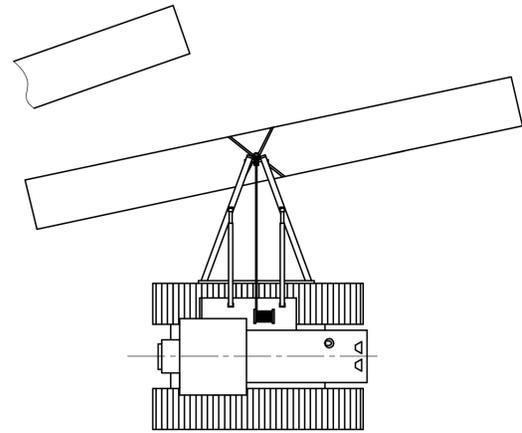
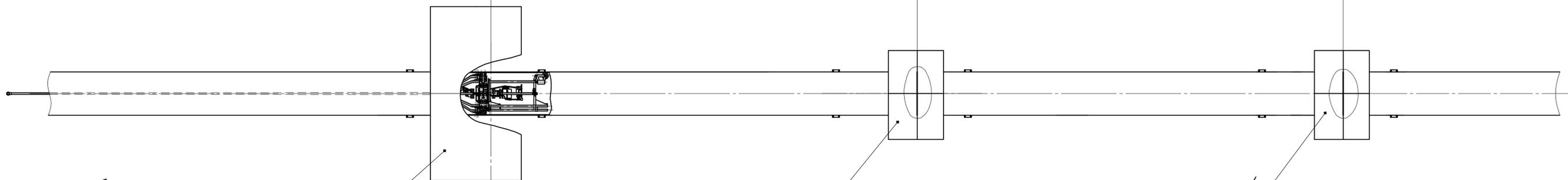
Заполняющий шов

Облицовочный шов



11000

11000



- 1 Трубоукладчик
- 2 Сварка корневого шва методом STT. Сварка производится сразу двумя сварщиками.
- 3 Сварка заполняющего слоя порошковой проволокой типа innershield. Сварка производится сразу двумя сварщиками.
- 4 Сварка облицовочного слоя порошковой проволокой типа innershield. Сварка производится сразу двумя сварщиками.
- 5 АСТ-4-А

				ФЮРА.2068998.002 СБ		
Изм.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Лист	Масштаб
					у	1:50
Технологическая схема сварки трубопровода поточно-расчлененным методом					Лист	Листов
					1	1
Разработчик: Каримов О.А.					НИ ТПУ ИШНБ	
Проектировщик: Ильиченко Д.П.					Группа 3-1В71	
Исполнитель:					Формат А1	
Утв.					Копирован	

Лист № 1
 Лист № 2
 Лист № 3
 Лист № 4
 Лист № 5
 Лист № 6
 Лист № 7
 Лист № 8
 Лист № 9
 Лист № 10
 Лист № 11
 Лист № 12
 Лист № 13
 Лист № 14
 Лист № 15
 Лист № 16
 Лист № 17
 Лист № 18
 Лист № 19
 Лист № 20
 Лист № 21
 Лист № 22
 Лист № 23
 Лист № 24
 Лист № 25
 Лист № 26
 Лист № 27
 Лист № 28
 Лист № 29
 Лист № 30
 Лист № 31
 Лист № 32
 Лист № 33
 Лист № 34
 Лист № 35
 Лист № 36
 Лист № 37
 Лист № 38
 Лист № 39
 Лист № 40
 Лист № 41
 Лист № 42
 Лист № 43
 Лист № 44
 Лист № 45
 Лист № 46
 Лист № 47
 Лист № 48
 Лист № 49
 Лист № 50
 Лист № 51
 Лист № 52
 Лист № 53
 Лист № 54
 Лист № 55
 Лист № 56
 Лист № 57
 Лист № 58
 Лист № 59
 Лист № 60
 Лист № 61
 Лист № 62
 Лист № 63
 Лист № 64
 Лист № 65
 Лист № 66
 Лист № 67
 Лист № 68
 Лист № 69
 Лист № 70
 Лист № 71
 Лист № 72
 Лист № 73
 Лист № 74
 Лист № 75
 Лист № 76
 Лист № 77
 Лист № 78
 Лист № 79
 Лист № 80
 Лист № 81
 Лист № 82
 Лист № 83
 Лист № 84
 Лист № 85
 Лист № 86
 Лист № 87
 Лист № 88
 Лист № 89
 Лист № 90
 Лист № 91
 Лист № 92
 Лист № 93
 Лист № 94
 Лист № 95
 Лист № 96
 Лист № 97
 Лист № 98
 Лист № 99
 Лист № 100