TOMSK POLYTECHNIC UNIVERSITY
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

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

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Повышение производительности ремонта нефтепроводов диаметром 720…1220 мм

УДК 621.791.75.014:622.692.4.004

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
З-1В51	Буреев Владислав Васильевич		

Руководитель ВКР

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

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

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

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Романцов Игорь Иванович	к.т.н		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ ИШНКБ	Першина Анна Алексндровна	к.т.н.		

Томск – 2020 г.

Планируемые результаты обучения по программе

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
Профессиональные компетенции	
Р1	Применять базовые и специальные естественнонаучные, математические, социально-экономические и профессиональные знания в комплексной инженерной деятельности при разработке, производстве, исследовании, эксплуатации, обслуживании и ремонте современной высокоэффективной электронной техники
Р2	Ставить и решать задачи комплексного инженерного анализа и синтеза с использованием базовых и специальных знаний, современных аналитических методов и моделей
Р3	Выбирать и использовать на основе базовых и специальных знаний необходимое оборудование, инструменты и технологии для ведения комплексной практической инженерной деятельности с учетом экономических, экологических, социальных и иных ограничений
Р4	Выполнять комплексные инженерные проекты по разработке высокоэффективной электронной техники различного назначения с применением базовых и специальных знаний, современных методов проектирования для достижения оптимальных результатов, соответствующих техническому заданию с учетом экономических, экологических, социальных и других ограничений
Р5	Проводить комплексные инженерные исследования, включая поиск необходимой информации, эксперимент, анализ и интерпретацию данных с применением базовых и специальных знаний и современных методов для достижения требуемых результатов
Р6	Внедрять, эксплуатировать и обслуживать современное высокотехнологичное оборудование в предметной сфере электронного приборостроения, обеспечивать его высокую эффективность, соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда, выполнять требования по защите окружающей среды
Универсальные компетенции	
Р7	Использовать базовые и специальные знания в области проектного менеджмента для ведения комплексной инженерной деятельности с учетом юридических аспектов защиты интеллектуальной собственности
Р8	Осуществлять коммуникации в профессиональной среде и в обществе, в том числе на иностранном языке, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты комплексной инженерной деятельности

Р9	Эффективно работать индивидуально и в качестве члена команды, проявлять навыки руководства группой исполнителей, состоящей из специалистов различных направлений и квалификаций, с делением ответственности и полномочий при решении комплексных инженерных задач
Р10	Демонстрировать личную ответственность, приверженность и готовность следовать профессиональной этике и нормам ведения комплексной инженерной деятельности
Р11	Демонстрировать знание правовых социальных, экологических и культурных аспектов комплексной инженерной деятельности, компетентность в вопросах охраны здоровья и безопасности жизнедеятельности
Р12	Проявлять способность к самообучению и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности

TOMSK POLYTECHNIC UNIVERSITY ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

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 2019 /2020 учебного года

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

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

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	03.06.2020 г.

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
01.04.2020 г.	Аналитический обзор литературы	10
08.04.2020 г.	Характеристика материала изделия	10
15.04.2020 г.	Выбор способа сварки	10
22.04.2020 г.	Обоснование выбора сварочных материалов	10
30.04.2020 г.	Выбор сварочного оборудования	10
08.05.2020 г.	Разработка технологии сварки	10
16.05.2020 г.	Контроль качества сварных соединений	10
23.05.2020 г.	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	10
30.05.2020 г.	Социальная ответственность	10
02.06.2020 г.	Заключение	10

СОСТАВИЛ:
Руководитель ВКР

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

СОГЛАСОВАНО:
Руководитель ООП

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

TOMSK POLYTECHNIC UNIVERSITY ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

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
З-1В51	Буреев Владислав Васильевич

Тема работы:

Повышение производительности ремонта нефтепроводов диаметром 720…1220 мм	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	14.02.2020 №45-31/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	03.06.2020 г.

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе *(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.).*	Рабочее место сварщика расположено на открытом воздухе. Трасса нефтепровода проходит в Новосибирской области Новосибирское районное нефтепроводное управление , участок Омск-Иркутск 667,7-703,9 км и 703,9-840,1 км. Местность равнинная. Климат умеренный.

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов ***(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).***	1 Характеристики сварной конструкции 2 Описание применяемого способа сварки 3 Выбор сварочных материалов для ручной дуговой сварки 4 Расчет режимов ручной дуговой сварки 5 Выбор основного сварочного оборудования для ручной дуговой сварки 6 Эффект магнитного дутья и меры борьбы с ним 7 Технология ремонта дефектного участка нефтепровода 8 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение 9 Социальная ответственность 10 Заключение
Перечень графического материала	1 Титульный лист 2 Общий вид конструкции 3 Цели и задачи 4 Сварочные материалы, оборудование и режимы сварки 5 Технология сварки 6 Технология сварки 7 Технология сварки 8 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность; 9 Социальная ответственность 10 Вывод

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Якимова Татьяна Борисовна
Социальная ответственность	Романцов Игорь Иванович

Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном

языках:

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	01 апреля 2020 г.

Задание выдал руководитель:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
З-1В51	Буреев Владислав Васильевич		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
З-1В51	Буреев Владислав Васильевич

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

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:	
1. *Стоимость ресурсов: материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих*	Стоимость выполняемых работ, материальных ресурсов, согласно применяемой техники и технологии, в соответствии с рыночными ценами. Должностной оклад сварщиков
2. *Нормы и нормативы расходования ресурсов*	Нормы времени на выполнение работ
3. *Используемая система налогообложения, ставки налогов.*	В соответствии с налоговым кодексом Российской Федерации
Перечень вопросов, подлежащих разработке:	
Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения исследования с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Анализ потенциальных потребителей, анализ конкурентных технических решений
Формирование плана и графика разработки проекта	Определение этапов работ; определение трудоемкости работ; разработка графика Ганта
Планирование и формирование бюджета проекта	Определение текущих затрат на сварочные работы
Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Сравнивнительная экономическая оценка способов сварки
Перечень графического материала *(с точным указанием обязательных чертежей)*	
1. *Карта сегментирования рынка* 2. *Диаграмма Ганта*	

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Якимова Т.Б.	к.э.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
З-1В51	Буреев В.В		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
З-1В51	Буреев Владислав Васильевич

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

Тема ВКР:

Повышение производительности ремонта нефтепроводов диаметром 720…1220 мм	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования.	**Объект исследования** - процесс ремонта нефтепровода диаметром 720…1020 мм толщиной стенки 12 мм ручной дуговой сваркой покрытыми электродами. **Рабочая зона** - трасса нефтепровода проходит в Новосибирской области Новосибирское районное нефтепроводное управление, участок Омск-Иркутск 667,7-703,9 км и 703,9-840,1 км. Местность равнинная. Климат умеренный. **Область применения** – строительство и ремонт магистральных нефтепроводов.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.	Законодательные и нормативные документы по теме: - ВСН 006 - 89; - ВСН 012 – 88; - СанПиН 2.2.1/2.1.1.1031-01; - ГОСТ 12.1.003-83; - СН 2.2.4/2.1.8.562-96; - СНиП 23-05-95; - ГОСТ 12.4.123-83; - СН 4557-88; - ПУЭ; - ГОСТ 12.1.004 – 76; - ГОСТ 12.1.010 – 76; - СН-245-71; - П-92-76; - Санитарные правила № 1042-73.
2. Производственная безопасность:	Выявить вредные факторы на територии сварочного участка: освещенность, шум, климат, вредные вещества, укусы насекомых и животных, психофизические фактторы (повышенная нагрузка на органы чувств (зрение, слух), тяжелая физическая работа, умственное перенапряжение, монотонность труда, стрессовые эмоциональные перегрузки, высокий уровень интенсивности деятельности, рабочая поза). Предлагаемые средства защиты: налобные фонарики, наушники, респераторы. Выявить опасные факторы на територии сварочного участка: электрический ток, термические ожоги. Предлагаемые средства защиты: спецодежда, перчатки.

3. Экологическая безопасность	Рассмотреть необходимость осуществлять раздельный сбор и хранение отходов, подвергать их переработке, утилизации или захоронеению.
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	Наиболее актуальная ЧС – возникновение пожара. Рассмотреть профилактические мероприятия требования к безопасности и меры по ликвидации ее последствий: - использование огнетушителя, песка, пожарной цистерны; - обеспечение средствами индивидуальной защиты.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	02.03.2020

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Романцов Игорь Иванович	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
З-1В51	Буреев Владислав Васильевич		

Реферат

Выпускная квалификационная работа 105 с., 4 рис., 29 табл., 19 источников, 15 листов демонстрационного материала (слайдов).

Ключевые слова: сварочные работы, ремонт нефтепровода, ручная дуговая сварка, покрытые электроды, магнитное дутье.

Объектом исследования является технология ремонта трубопроводов большого диаметра от 720 мм до 1220 ручной дуговой сваркой покрытыми электродами.

Целью ВКР является повышение производительности текущей технологии ремонта участка нефтепровода ручной дуговой сваркой.

В процессе исследования проводились: изучение способова сварки и сварочных материалов, расчет параметров режима сварки, изучение используемого оборудования, изучение влияния намагниченности на процесс сварки, ознакомление с технологией размагничивания, сварка стыков труб с их предварительным размагничиванием, сварка без предварительного размагничивания торцов труб с применением инвертора сварочного тока ИСТ-201.

В результате исследования был разработан технологический процесс ремонта намагниченного участка промыслового нефтепровода.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: магистальные трубопроводы диаметром от 720 мм до 1220 мм.

Область применения: разработанная технология может применяться для управлений по аварийно-восстановительным работам на магистральных трубопроводах.

Экономическая эффективность работы: разница в штучно-калькуляционном времени сварки между РДС (195 мин) и РДС МТ (170 мин), составляет 25 мин, что в процентном соотношении дает уменьшение времени на 13 %.

По затратам на сварку стыка выгодна РДС без Р, она обходится дешевле на 541 руб, что в процентном соотношении дает снижение затрат на 19 %.

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

Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки

Обозначения и сокращения

ЦППН – цех подготовки перекачки нефти;

ДНС – дожимная насосная станция;

ЦПС – центральный пункт сбора;

КНС – кустовая насосная станция;

НАКС – Национальное Агентство Контроля Сварки;

ВНИИСТ – Всесоюзный научно-исследовательский институт по строительству и эксплуатации трубопроводов;

ЦЗН – центратор звеньевой наружный;

КПД – коэффициент полезного действия;

РДС – ручная дуговая сварка покрытыми электродами;

ПДК – предельно допустимая концентрация

СКЗ – средства коллективной защиты

СИЗ – средства индивидуальной защиты

НГДУ – нефтегазодобывающее управление

$\sigma_т$ – предел текучести;

$\sigma_в$ – временное сопротивление разрыву;

δ_5 – относительное удлинение;

$d_э$ – диаметр электродного стержня;

j – допускаемая плотность тока;

$\alpha_н$ – коэффициент наплавки;

$F_н$ – 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;

$U_д$ – напряжение дуги;

$\eta_и$ – эффективный КПД нагрева изделия дугой;

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

Нормативные ссылки

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

1 ГОСТ 5264-80 Ручная дуговая сварка. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры (с Изменением №1)

2 ГОСТ 16037-80. Соединения сварные стальных трубопроводов. Основные типы, конструктивные элементы и размеры (с Изменением №1)

3 ГОСТ 12.1.012-90 «Вибрационная безопасность» гигиеническое нормирование вибрации на рабочих местах;

4 ГОСТ 12.1.003- 83 Нормируемые параметры шума на рабочих местах;

5 ГОСТ 12.1.005-88 Нормы производственного микроклимата установленные системой безопасности труда;

6 ГОСТ 12.0.002-74 Требования на предприятии соблюдаемые с целью уменьшения опасности поражения электрическим током.

7 ГОСТ 17.2.3.02- 78 Требования для предприятий по выбросу вредных веществ в атмосферу.

8 СТП ТПУ 2.5.01-2014 Система образовательных стандартов. Работы выпускные квалификационные, проекты и работы курсовые. Структура и правила оформления.

Определения

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями:

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

Ручная дуговая сварка – это способ соединения двух металлических частей при помощи электрической дуги и плавящегося покрытого электрода.

Коэффициент наплавки ($\alpha_н$): это коэффициент, выраженный отношением массы металла, наплавленной за единицу времени горения дуги, отнесенной к единице сварочного тока.

Оглавление

Введение 16
1 Обзор литературы 18
1.1 Описание сварной конструкции 18
1.2 Материал сварной конструкции 19
1.3 Оценка технологической свариваемости материала 22
1.4 Описание применяемого способа сварки 23
2 Выбор сварочных материалов для ручной дуговой сварки 26
2.1 Выбор основного сварочного оборудования для ручной дуговой сварки. 29
2.2 Выбор вспомогательного сварочного оборудования 31
2.3 Эффект магнитного дутья и меры борьбы с ним 32
3 Расчёт параметров режима ручной дуговой сварки 37
4 Технология ремонта дефектного участка нефтепровода 41
4.1 Обнаружение дефектов в стенке трубопровода 41
4.2 Последовательность сварочно-ремонтных работ 42
5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение 47
5.1 Потенциальные потребители результатов разработки технологии 47
5.2 Планирование технического проектирования работ 48
5.3 Определение норм времени на сварку 51
5.4 Экономическая оценка сравниваемых способов сварки 56
6 Социальная ответственность 63
6.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности 63
6.2 Производственная безопасность 65
6.3 Экологическая безопасность 77
6.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях 79
Заключение 82
Список использованных источников 84
Приложение А Комплект технологической документации 88
Приложение Б Комплект чертежей 89

Введение

Нефтегазодобывающая отрасль занимает одно из первых мест в экономике страны. Однако, в настоящее время условия работы трубопроводного транспорта нефти характеризуются с одной стороны естественным старением магистральных нефтепроводов, а с другой повышением требований к их экологической безопасности и необходимостью поддержания линейной части магистральных нефтепроводов в работоспособном состоянии для бесперебойного оказания транспортных услуг нефтяным компаниям.

Ремонт магистральных нефтепроводов представляет собой комплекс технических мероприятий, направленных на восстановление основных фондов объектов трубопроводного транспорта. В настоящее время срок службы более половины магистральных нефтепроводов превышает 25 лет, поэтому влияние возрастных факторов на надежность нефтепроводов весьма значительно. Для нефтепроводов, находящихся в эксплуатации, решение проблем надежности возможно только на основе разработки эффективной системы их технического обслуживания и ремонта, позволяющей обеспечить необходимый уровень технического состояния данных объектов [1].

Большой проблемой является то, что при дуговой сварке деталей из ферромагнитных материалов в условиях воздействия внешних магнитных полей появление дефектов практически неизбежно. Остаточные магнитные поля в ферромагнитных материалах возникают при их контакте с электромагнитами в процессе механической или термической обработки, во время транспортировки электромагнитными кранами, а так же в ряде других случаев. Наиболее ярко «магнитное дутье» проявляется в действующих трубопроводах после проведения внутритрубной диагностики магнитным методом в результате пропускания магнитного дефектоскопа-снаряда. Отсюда следует, что к ответственному сварному соединению - трубопроводу

- должны предъявляться жесткие требования не только по качеству его выполнения, но и по борьбе с таким явлением как «магнитное дутьё» [1].

Немаловажным является и вопрос рабочих технологий по выполнению размагничивания в реальных условиях трассы. При этом приходится учитывать не только технические факторы оборудования и степени намагниченности трубы, но и сроки выполнения, надежность, вопросы техники безопасности и, конечно, экономические факторы.

Таким образом, целью работы является повышение производительности ручной дуговой сварки при ремонте нефтепроводов диаметром 720…1220 мм за счет применения оборудования, позволяющего производить сварку без операции размагничивания.

1 Обзор литературы

1.1 Описание сварной конструкции

Магистральный нефтепровод сооружается из стальных труб диаметром 720-1220 мм. Прокладка магистральных нефтепроводов бывает: подземная (на глубину 0,8–0,1 м до верхней образующей трубы); надземная – на опорах; наземная – в насыпных дамбах.

Трубы магистральные производятся из низколегированной горячекатаной, спокойной и полуспокойной стали, обладают повышенной коррозионной стойкостью и длительным сроком эксплуатации [2].

Ремонт дефектных участков – это неизбежная часть эксплуатации любого нефтепровода. От качественного ремонта зависит стабильность работы, надежность и стабильная транспортировка нефти по трубопроводу, а также размер возможных потерь транспортируемой нефти при авариях и последствия пагубного воздействия розливов нефти на окружающую среду.

Магистральный нефтепровод представляет собой капитальное инженерное сооружение, рассчитанное на длительный срок эксплуатации, в задачу которого входит транспортировка жидкого вещества от нефтедобывающих скважин до центра подготовки и перекачки нефти ЦППН, а далее до места врезки в магистральный трубопровод. Перемещение осуществляется под влиянием разницы давлений в поперечных сечениях труб [3].

В состав магистральных нефтепроводов входят: выкидные трубопроводы от скважин для транспортирования продукции нефтяных скважин до замерных установок, нефтесборные трубопроводы для транспорта продукции нефтяных скважин от замерных установок до пунктов первой ступени сепарации нефти (нефтегазопроводы), нефтепроводы для транспортирования газонасыщенной или разгазированной, обводненной или безводной нефти от пунктов сбора нефти и дожимных насосных станций (ДНС) до центральных пунктов сбора (ЦПС), газопроводы для подачи газа в

продуктивные пласты с целью увеличения нефтеотдачи, трубопроводы систем заводнения нефтяных пластов и систем захоронения пластовых и сточных вод в глубокие поглощающие горизонты с давлением закачки 10 МПа и более, водоводы поддержания пластового давления для транспорта пресной, пластовой и подтоварной воды на КНС (кустовой насосной станции), нефтепроводы для транспортирования товарной нефти от центральных пунктов сбора и подготовки нефти до сооружений магистрального транспорта, газопроводы для транспортирования газа от центральных пунктов сбора до сооружений магистрального транспорта, ингибиторопроводы для подачи ингибиторов к скважинам или другим объектам обустройства нефтяных месторождений, внутриплощадочные трубопроводы транспортирующие продукт на объектах его подготовки [1].

Ремонт заключается в вырезке дефектной части нефтепровода (1, 3) и вставки новой «катушки» трубы (2), как показано на рисунке 1.

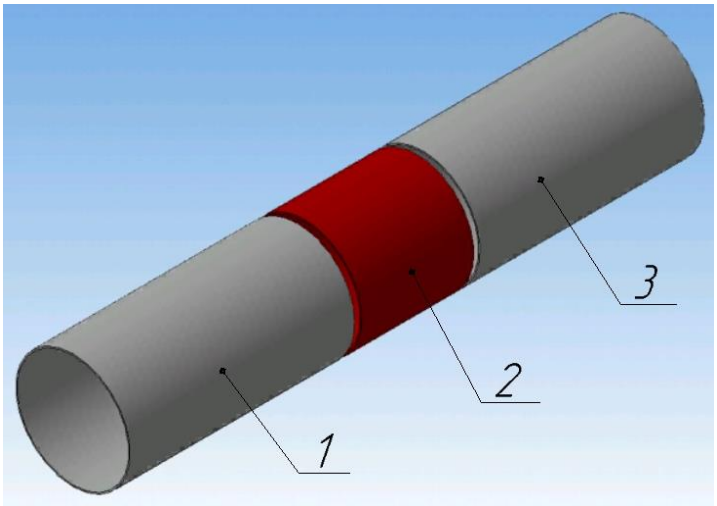


Рисунок 1 – Замена катушки трубы

1.2 Материал сварной конструкции

Трубы стальные электросварные прямошовные наружным диаметром 720-1220 мм для магистральных нефтепроводов на рабочее давление до 9,8 МПа изготавливаются по ТУ 1381-007-05757848-2005 [4].

Технические условия распространяются на трубы стальные электросварные прямошовные экспандированные диаметром 720-1220 мм, изготавливаемые электросваркой под флюсом с одним или двумя продольными сварными швами, предназначенные для строительства, ремонта и реконструкции линейной части, переходов и наземных объектов магистральных нефтепроводов и нефтепродуктопроводов на рабочее давление до 9,8 МПа включительно по ОТТ-08.00-60.30.00-КТН-013-1-04 [5].

Трубы изготавливают из листовой стали классов прочности К50 по ГОСТ 19281-89 [6] из низколегированной конструкционной стали 14ХГС. Сталь 14ХГС обладает гарантированными механическими характеристиками и химическим составом, высокой сопротивляемостью хрупкому разрушению при низких температурах и повышенной коррозионной стойкости.

Легированными называются стали, содержащие специально введенные элементы. Марганец – легирующий компонент при его содержании в стали более 0,7 % по нижнему пределу, а кремний более 0,4 %. Углеродистые стали с повышенным содержанием марганца относят низколегированным конструкционным сталям. Легирующие элементы, которые вводят в сталь, изменяют ее свойства, вступая во взаимодействие с железом и углеродом., что приводит к повышению механических свойств стали.

Сталь 14ХГС низколегированная конструкционная хромокремне-марганцового типа. Микроструктура феррито-перлитная. Наличие марганца в стали 14ХГС повышает ударную вязкость, способствует уменьшению содержания кислорода в стали, обеспечивая удовлетворительную свариваемость. Кремний вводится как раскислитель и упрочняющий элемент. Хром вводится для повышенной коррозионной стойкости. По сравнению с другими низколегированными сталями из данной стали получаются сварные соединения с более высокой прочностью при переменных и ударных нагрузках.

При производстве сварных конструкций широко используют конструкционные стали, с низким содержанием углерода и легирующих элементов. Общее содержание легирующих элементов в таких сталях обычно не превышает 4,0 %, а углерода 0,25 %. Химический состав стали 14ХГС, приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Химический состав стали 14ХГС, % по ГОСТ 19281-89 [6]

C, %	Si, %	Mn, %	Ni, %	Cr, %	Cu, %	S, %	P, %
0,11-0,16	0,4-0,7	0,9-1,3	до 0,3	0,5-0,8	до 0,3	до 0,04	до 0,035

Качество и свойства материалов должны удовлетворять требованиям соответствующих стандартов и технических условий и подтверждаться сертификатами поставщиков. При отсутствии или неполноте сертификата или маркировки изготовитель труб должен провести все необходимые испытания с оформлением их результатов протоколом, дополняющим или заменяющим сертификат поставщика материала.

В сертификате должен быть указан режим термообработки полуфабриката на предприятии-изготовителе.

Механические характеристики стали, приведены в таблице 2, где:

- $\sigma_т$– предел текучести;
- $\sigma_в$– временное сопротивление разрыву;
- δ_5– относительное удлинение при разрыве;
- KCU – ударная вязкость.

Таблица 2 – Механические свойства стали 14ХГС при температуре 20 °С [6]

$\sigma_в$, МПа	$\sigma_т$, МПа для толщин до 20 мм	δ_5, % для толщин до 20 мм	KCU, кДж/м^2
490	345	22	340-390

Данная сталь содержит пониженное количество серы и фосфора, применяется при изготовлении сварных конструкций в большем объем в

состоянии поставки, после термической обработки (нормализации). Ведутся работы по термическому упрочнению этих сталей (закалка с отпуском).

1.3 Оценка технологической свариваемости материала

Свариваемость – свойство металла или сочетания металлов образовывать при установленной технологии сварки соединения, отвечающие требованиям, обусловленным конструкцией или эксплуатацией изделия.

Свариваемость металла зависит от его химических и физических свойств, кристаллической решетки, степени легирования, наличия примесей и других факторов, как указано в [7].

Большое влияние на свариваемость металлов и сплавов оказывает их химический состав. Свариваемость углеродистой стали изменяется в зависимости от содержания основных примесей. Углерод является, наиболее важным элементом в составе стали, определяющим почти все основные свойства стали в процессе обработки, в том числе и свариваемость. С увеличением содержания углерода в стали свариваемость ухудшается. В околошовных зонах появляются закалочные структуры и трещины, а шов получается пористым. Поэтому для получения качественного сварного соединения возникает необходимость применять различные технологические приемы [7].

Ориентировочным количественным показателем свариваемости стали, известного химического состава является эквивалентное содержание углерода. Воспользуемся методикой определения полного эквивалента углерода для определения необходимого подогрева:

$$\Sigma C_э = C_э + C_p, \qquad (1)$$

где $C_э$ – химический эквивалент углерода;

C_p – размерный эквивалент углерода.

Ориентировочным количественным показателем свариваемости стали известного состава является эквивалентное содержание углерода, которое определяется по формуле [7]:

$$C_э = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr}{5} + \frac{Ni}{15} + \frac{Cu}{13} + \frac{P}{2} \ , \qquad (2)$$

$$C_э = 0,13 + \frac{1,1}{6} + \frac{0,6}{5} + \frac{0,3}{15} + \frac{0,3}{13} + \frac{0,035}{2} = 0,49 \ \%,$$

где C, Mn, Cr, Ni, Cu, P – процентное содержание легирующих элементов в металле шва (см. таблицу 2).

Определим размерный эквивалент углерода:

$$C_p = 0,005 \cdot \delta \cdot C_э = 0,005 \cdot 12 \cdot 0,49 = 0,029 \ \%, \qquad (3)$$

где δ – толщина свариваемой стали, мм.

Находим полный эквивалент углерода:

$$\Sigma C_э = C_э + C_p = 0,49 + 0,029 = 0,519 \ \%.$$

Полный эквивалент углерода $C_э \le 0,45$, следовательно, требуется подогрев. Необходимая для подогрева температура определяется по формуле:

$$T_п = 350 \cdot \sqrt{\Sigma C_э - 0,25} = 350 \cdot \sqrt{0,519 - 0,25} = 182 \ ^o C. \qquad (4)$$

Температура подогрева принимается 180-200 С°.Стали с содержанием до 0,2% С имеют высокую критическую скорость охлаждения при закалке, поэтому после сварки в наплавленном металле и зоне термического влияния не образуются структуры подкалки [7].

1.4 Описание применяемого способа сварки

Согласно документу, РД-23.040.00-КТН-386-09 «Технология ремонта магистральных нефтепроводов и нефтепродуктопроводов с давлением до 6,3 МПа», для ремонта трубопровода применяются следующие виды сварки: ручная дуговая сварка (заварка) электродами с основным видом покрытия;

механизированная сварка самозащитой проволокой; механизированная сварка сплошной электродной проволокой в защитных газах [8].

Наибольшее применение находит ручная дуговая сварка покрытыми электродами, т.к. она отличается универсальностью процесса и простотой оборудования.

При этом способе выполняется газошлаковая защита расплавленного металла от взаимодействия с воздухом. Кроме того, шлаки позволяют проводить необходимую металлургическую обработку металла в ванне. Для выполнения функций защиты и обработки расплавленного металла покрытия электродов при расплавлении должны образовывать шлаки и газы с определенными физико-химическими свойствами. Поэтому для обеспечения заданного состава и свойств шва при выполнении соединений на разных металлах для сварки применяют электроды с определенным типом покрытий, к которым предъявляют ряд специальных требований [9].

При сварке покрытыми электродами перемещение электрода вдоль линии сварки и подачу электрода в зону дуги по мере его плавления осуществляют вручную. При этом возникают частые изменения длины дуги, что отражается на постоянстве основных параметров режима: напряжения дуги и силы сварочного тока. С целью поддержания более стабильного теплового режима в ванне при ручной дуговой сварке применяют источники питания с крутопадающими вольтамперными характеристиками [9].

Кроме источника питания дуги основным инструментом сварщика при ручной сварке покрытыми электродами является электрододержатель, предназначенный для крепления электрода, подвода к нему сварочного тока и возможности манипулирования электродом в процессе сварки. По способу закрепления электродо-держатели разделяют на вилочные, пружинные, зажимные [9].

Рациональная область применения дуговой сварки покрытыми электродами — изготовление конструкций из металлов с толщиной

соединяемых элементов более 2 мм при небольшой протяженности швов, расположенных в труднодоступных местах и различных пространственных положениях.

Достоинства:

- возможность сварки в труднодоступных местах и во всех пространственных положениях;
- большой спектр свариваемых материалов;
- значительный спектр толщин (от двух мм и выше).

Недостатки:

- низкая производительность;
- самый тяжелый способ по технике исполнения;
- многофакторность качества [9].

2 Выбор сварочных материалов для ручной дуговой сварки

Все сварочные материалы должны отвечать специальным требованиям к качеству их изготовления, сварочно-технологическим характеристикам и обеспечивающие требуемый уровень прочностных и вязко-пластических свойств сварных соединений [10].

Выбор сварочных материалов должен осуществляться в зависимости от:

– класса прочности и типоразмера свариваемых труб;

– требований к механическим свойствам сварных соединений, выполненных с их использованием;

– сварочно-технологических свойств конкретных марок сварочных материалов;

– возможность осуществления сварки в тех пространственных положениях, в которых будут, находится изделие во время сварки;

– получение плотных беспористых швов;

– получение металла шва, обладающего высокой технологической прочностью, т.е. не склонного к образованию горячих трещин;

– получение металла шва, с требуемой эксплуатационную прочность;

– низкая токсичность;

– экономическая эффективность [10].

При сварке низколегированных сталей обычно обеспечиваются достаточно высокие механические свойства сварного соединения и поэтому в большинстве случаев не требуются специальные меры, направленные на предотвращение образования в нем закалочных структур. Однако, при сварке первого слоя многослойного шва для повышения стойкости металла против кристаллизационных трещин может потребоваться предварительный подогрев до температуры 120-150 °С.

При ручной дуговой сварке следует использовать электроды с фтористо-кальциевым покрытием, обеспечивающие высокую стойкость

металла шва против кристаллизационных трещин и достаточную прочность сварного соединения [7].

Электроды типа Э50 и Э50А такие как УОНИ 13/55, LB 52U, OK 53.70, ЦУ-1, по ГОСТ 9467-75 [11] применяются для сварки различных конструкций из малоуглеродистой, углеродистой и низколегированных сталей в тех случаях, когда наплавленный металл должен иметь предел прочности при высоких значениях ударной вязкости.

Произведем сравнительную характеристику электродов УОНИ 13/55, LB 52U, OK 53.70.

LB-52U (ЛБ 52У) - сварочный электрод с пониженным содержанием водорода, что позволяет значительно улучшить характеристики сварного шва. Использование данного электрода позволяет получить отличный наплавленный металл шва и аккуратный корневой чешуйчатый валик без дефектов при сварке с одной стороны соединения. Электрод LB 52U обеспечивает высокую ударную вязкость и его часто используют для сварки труб, морских конструкций и сооружений типа резервуаров. Обеспечивает намного лучшую стабилизацию дуги и проплавление, чем другие низководородные электроды.

Назначение: электроды LB-52U (ЛБ 52 У) предназначены для сварки труб из сталей прочностных классов до К54 включительно и от К55 до К60 включительно. Электроды LB-52U аттестованы НАКС (Национальное Агенстство Контроля Сварки) и рекомендованы ВНИИСТ для использования при строительстве и ремонте магистральных трубопроводов. Электрод с покрытием основного типа для односторонней ручной дуговой сварки труб и ответственных конструкций из углеродистых сталей прочностью до 588 МПа.

ОК 53.70 –широко известный высококачественный сварочный электрод с покрытием основного вида и с низким содержанием водорода Разработан для односторонней сварки трубопроводов и других ответственных

конструкций из малоуглеродистых и низколегированных сталей. Отличается большой глубиной проплавления, дает плоский шов с легко удаляемым шлаком. Обеспечивает высокое качество сварки корневого прохода с формированием обратного валика. Хорошо сбалансированная шлаковая система обеспечивает стабильное горение дуги и позволяет легко вести сварку во всех пространственных положениях.

Назначение: предназначен для сварки и ремонта корневого слоя шва стыков труб из сталей с нормативным пределом прочности до 588 МПа (API X 70) включительно, так же может быть использован для сварки и ремонта заполняющих и облицовочного слоев шва стыков труб из сталей с нормативным пределом прочности до 529 МПа (API X 60) включительно

УОНИ 13/55 – сварка особо ответственных конструкций из углеродистых и низколегированных сталей, когда к металлу шва предъявляются повышенные требования по пластичности и ударной вязкости. Сварка во всех пространственных положениях шва постоянным током обратной полярности. Обеспечивают получение металла шва с высокой стойкостью к образованию кристаллизационных трещин и низким содержанием водорода. Сварку производят только на короткой длине дуги по очищенным кромкам.

Недостаток электродов марки УОНИ-13/55 заключается в том, что сварку можно вести только постоянным током обратной полярности, и, кроме того, при наличии ржавчины на кромках при увлажнении покрытия понижается стойкость против образования в металле шва пор (таблица 3-5).

Таблица 3 – Химический состав наплавленного металла, % [11]

Марка	C	Mn	Si	S	P
УОНИ-13/55	0,10	0,7	0,25-0,35	0,03-0,04	0,035
LB-52U	0,06	1,02	0,51	0,006	0,011
OK 53.70	0,06	1,1	0,4	0,015	0,015

Таблица 4 – Механические свойства наплавленного металла [11]

Марка	$\sigma_т$, МПа	$\sigma_в$, МПа	δ, %	ψ, %
УОНИ-13/55	350	500	25-28	70-75
LB-52U	446	540	34	71
ОК 53.70	440	530	30	70

Таблица 5 – Прокалка перед сваркой [11]

Марка электрода	Температура прокалки, C°	Время прокалки, ч
УОНИ-13/55	350-400	1-2
LB-52U	300-350	0,5-1
ОК 53.70	300	1

Из сравнительной характеристики электродов можно сделать вывод, что электроды LB 52U и ОК 53.70 обладают лучшими химическими и механическими свойствами, имеют меньшую температуру и время прокалки, по сравнению с электродами УОНИ-13/55. К тому же данные электроды можно использовать для сварки, как на переменном, так и на постоянном токе. Выбирается электрод марки LB 52U диаметром 3,2 мм для сварки корневого слоя шва, электрод ОК 53.70 диаметром 4 мм для сварки заполняющих и облицовочного слоев шва.

2.1 Выбор основного сварочного оборудования для ручной дуговой сварки

Одним из основных видов оборудования для сварочных работ в АО «Транснефть–Западная Сибирь» является Агрегат сварочный Ranger 305D (Lincoln Electric, США) – это сварочный агрегат-электростанция постоянного тока (300 А), дизельный, универсальный. Аппарат гарантирует отличные производственные характеристики дуги при работе ручной дуговой сваркой плавящимися электродами. Снабжен хорошо изолированным корпусом, защищающим топливный бак на 45 литров, и дизельным

двигателем Kubota 18,8 HP D722 жидкостного охлаждения. Вспомогательная сеть (230В/1 фаза и 400 В/3 фазы) питания с мощностью в 8-10 кВт позволяет ежедневно пользоваться агрегатом при профессиональной сварке повышенного качества. Технические характеристики сварочного агрегата Ranger 305D указаны в таблице 6.

Таблица 6 – Характеристики Ranger 305D [9]

Наименование параметра	Значение
ПН, %	100
Регулировка сварочного тока, диапазон, А	40-300
Двигатель дизельный	Kubota D722 (18,8 л/с)
Количество цилиндров, шт	3
Максимальное количество оборотов за минуту	3600
Габаритные размеры ВШД	909x546x1327 мм
Вес, кг	341

Преимущества Ranger 305D:

- универсальность - ручная дуговая сварка для всех видов работ, сварка полуавтоматическая сплошной порошковой проволокой, аргонодуговая сварка (с дополнительным оборудованием.);

- спецрежим MMA для сварки труб, пологопадающая характеристика, возможность регулировки дуги: мягкая, мощная, проплавляющая;

- технология Lincoln Chopper придает дуге высокие динамические свойства, легкий старт, дуга мягкая, низкий уровень разбрызгивания, у сварочного валика хороший внешний вид и качества;

- форсирование дуги регулируется, что позволяет изменить характер дуги во время MMA сварки;

- стартовый ток регулируется (Hot start);

- повышена скорость сварки заполняющих швов;

- соблюдение стандартов ГОСТ-Р, IEC974-1, ISO 9001 и CE.

2.2 Выбор вспомогательного сварочного оборудования

Для размагничивания трубопровода в АО «Транснефть–Западная Сибирь» используется, аппарат универсальный размагничивающий автоматизированный АУРА-7001 предназначенный для автоматического размагничивания ремонтируемых участков трубопровода (таблица 7). Размагничивание осуществляется на открытых торцах трубопровода до монтажа ремонтной катушки и производства сварочных работ.

Таблица 7 – Технические характеристики АУРА-7001 [8]

Характеристика	Показатель
Диаметр размагничиваемых труб, мм	до 1400 включительно
Диапазон размагничиваемых полей, мТл	2...250
Поля после размагничивания, мТл менее	0,5...2
Длительность процесса размагничивания, мин	менее 1,5 на один цикл
Напряжение сети, В	380 ± 10%
Потребляемая мощность, кВт:	
- в импульсном режиме (длительность импульса 2 с)	до 10
- в номинальном режиме	до 1,5
Величина индицируемого магнитного поля, мТ	± 0.250

Сборка свариваемых труб производится на наружные центраторы типа ЦЗН предназначенные для центровки торцов труб при монтаже перед сваркой.

Центратор представляет собой шарнирный многогранник из пластинчатых звеньев с нажимными роликами в узлах. Механизм стяжки центратора винтовой. Для трубы диаметром 1020 мм используется центратор ЦНЗ 1020.

2.3 Эффект магнитного дутья и меры борьбы с ним

Известный факт, что намагниченность трубопроводов и труб создает большие трудности при их строительстве и ремонте. Сейчас практически повсеместно с проблемой магнетизма пытаются бороться «дедовскими методами», уровень намагниченности проверяют «канцелярской скрепкой», а компенсировать намагниченность пытаются переменным током от сварочного аппарата.

По приблизительным оценкам [12], сварка обычно происходит нормально в магнитных полях с индукцией до 2 мТл, за исключением электронного пучка, когда более низкие поля значительно отклоняют пучок. В диапазоне 2-4 мТл ожидается нестабильность дуги. В полях с индукцией свыше 4 мТл может произойти дутье дуги.

На участках подготовки под сварку магнитная индукция всегда выше, чем на открытом конце стального образца. Например, на конце трубы индукция равна 1 мТл, когда же две секции труб приведены в контакт друг с другом для сварки, индукция возрастает до 10 мТл.

Магнитные поля, вызывающие неуправляемое отклонение сварочной дуги, обычно классифицируются по направлению воздействия на сварочную дугу.

Продольное поле считается параллельным оси дуги, поперечное - перпендикулярно к направлению сварки, а параллельное - расположено в направлении сварки. Остаточный магнетизм, может проявляться в ферромагнитных материалах в результате плавки стали, в магнитном поле на металлургическом заводе, погрузочно-разгрузочных работ на заводах с помощью электромагнитных кранов; магнитно-порошковой дефектоскопии; хранения изделий в сильных магнитных полях, например, вблизи электрических кабелей, подключенных к источнику постоянного тока; воздействие в течение длительного времени магнитного поля Земли на свариваемую деталь (примером может служить ремонт сварного соединения

в трубопроводной сети, которая находилась в магнитном поле Земли в течение многих лет); расположения свариваемой конструкции по длине с севера на юг (в этом случае с каждой новой привариваемой секцией дутье сварочной дуги увеличивается).

Геомагнитное поле (магнитное поле Земли) может оказывать двоякое влияние на магнитное поле в трубопроводе. Оно ориентировано в направлениях от север-юг до северо-запад – юго-запад и соответственно трубопроводы, проложенные в близких к этим направлениях, подвержены влиянию поля Земли. Так, остаточные поля с индукцией до 18 мТл были обнаружены в магистральном трубопроводе, расположенном вдоль геомагнитного поля (тремя месяцами раньше его индукция составляла менее 0,5 мТл). Вторым возможным источником возникновения магнитных полей в трубопроводах под влиянием Земли являются земные токи, которые могут проходить по трубопроводам, генерируя кольцевые поля с индукцией до 10 мТл. Их влияние на стыковые соединения между соседними секциями невелико, однако оно может сказываться при приварке боковых отводов, например стояков.

Магнитное дутье дуги при сварке на переменном токе значительно меньше, чем при сварке на постоянном токе. Переменный ток дуги индуцирует переменные вихревые токи в свариваемом изделии, которые, в свою очередь, создают магнитное поле, противоположное полю дуги, что значительно ослабляет магнитное дутье [12].

Подготовка соединяемых деталей под сварку может вызвать резкий рост магнитного поля в зазоре между этими деталями. Например, при стыковке труб, имеющих незначительную намагниченность, магнитное поле в зазоре между этими трубами стремится сконцентрироваться, что приводит к увеличению магнитной индукции в зазоре до 3 мТл. При этом максимальные значения магнитной индукции обнаруживаются при

перпендикулярном расположении магнитных зондов по отношению к измеряемой поверхности.

Технические приемы, предупреждающие магнитное дутье, могут быть классифицированы на следующие группы: контроль или снижение уровня остаточного магнетизма; создание противоположного по направлению магнитного поля; коррекция искажения поля, создаваемого током сварочной дуги; изменение магнитного поля, индуцируемого током в свариваемой детали.

Для определения уровня остаточного магнетизма используют поисковые катушки и зонды Холла. Точность измерения напряженности магнитного поля поисковой катушки диаметром 12,5 мм составляет примерно 80 А/м. Зонды Холла имеют жесткие и гибкие стержни, что делает их более универсальными. Однако они хрупкие и более дорогие по сравнению с поисковыми катушками.

Остаточный магнетизм можно устранить при нагревании материала до температуры выше точки Кюри (примерно 700 °С для низкоуглеродистых сталей), однако во многих случаях это может быть труднодостижимо или недопустимо по технологическим причинам.

Наиболее распространенный способ размагничивания заключается в использовании поля переменного тока с постепенным снижением его до нуля. Этого можно добиться, намотав 10-20 витков сварочного провода вокруг свариваемой детали и подсоединив его, например, к источнику тока 300 А с последующим уменьшением тока на выходе. Однако при токе частотой 50-60 Гц снятие остаточного магнетизма имело только поверхностный эффект. В некоторых случаях снять его невозможно. В таких случаях, в частности, может быть рекомендован вариант размагничивания, когда свариваемое изделие наполняют металлическими частицами размером 0,2-0,5 мм. При этом магнитное поле с индукцией 10 мТл значительно уменьшается, что позволяет выполнить прихватку свариваемого изделия, а

затем и сварку. Одним из широко применяемых способов размагничивания трубопроводов является создание локальных магнитных полей противоположного направления. Обычно намотки из трех-шести витков и постоянного тока 50-200 А достаточно для создания такого поля.

Схема намотки катушки из пяти витков на трубы диаметром равным 200 мм с толщиной стенки 10 мм приведена на рисунке 2.

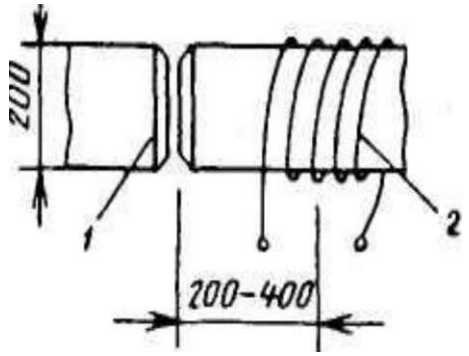


Рисунок 2 – Схема намотки катушки (а) из пяти витков:
1 - стыковые соединения труб диаметром 200 мм;
2 - размагничивающая катушка)

Наиболее простой способ коррекции искривления поля дуги заключается в использовании для сварки переменного тока вместо постоянного. Поле, создаваемое индуцируемыми вихревыми токами, уменьшает поле от тока дуги, однако полностью удалить его не может. Если искривление поля очень сильное, то, несмотря даже на его уменьшение, магнитное дутье дуги может иметь место. В этом случае могут помочь другие технические приемы, например, выполнение длинных швов с использованием обратноступенчатого метода сварки, установка стальных мостиков на зажимах или прихватках с помощью ручной дуговой сварки металлическим электродом. Эффективной является намотка заземляющего обратного провода вокруг заготовки таким образом, чтобы образовавшееся при этом магнитное поле нейтрализовало магнитное поле, вызывающее отклонение дуги.

Основная сложность, связанная с током в заготовке, заключается в асимметричности потока в точке действия дуги. На больших заготовках какой- либо эффект заметить трудно. Эту проблему можно решить, подсоединив более одного провода заземления для обеспечения достаточной симметричности.

Для устранения эффекта намагничивания предлагается использовать инвертор сварочного тока ИСТ-201. Инвертор представляет собой электронное устройство, которое подключают к выходным клеммам однопостового сварочного выпрямителя (или агрегата) с падающей внешней вольтамперной характеристикой. Которое обеспечивает формирование в сварочной цепи симметричного переменного прямоугольного тока повышенной частоты. При этом регулировку величины тока осуществляют сварочным выпрямителем (агрегатом) (таблица 8).

Таблица 8 – Технические характеристики ИСТ-201 [8]

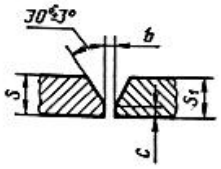
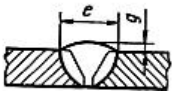
Характеристика	Показатель
Напряженность магнитного поля в зоне сварки, Гс (не более)	1000
Номинальный сварочный ток, А	200
Продолжительность нагрузки, ПН%	60
Напряжение холостого хода сварочного выпрямителя, В (не более)	110
Напряжение питания, В	220 ± 40
Частота питающей сети, Гц	50 ± 5
Длина сварочных кабелей, м (не более)	30
Длина соединительных кабелей, м (не более)	50
Габаритные размеры (длина х ширина х высота), мм	480 х290х410
Вес, кг (не более)	30

3 Расчёт параметров режима ручной дуговой сварки

При вставке «катушки» трубы свариваются два кольцевых шва, форма разделки принимается согласно ГОСТ 16037-80 [13], для толщины 12 мм выбирается тип С17.

Расчет режимов сварки следует начать с определения геометрического строения шва (таблица 9).

Таблица 9 – Конструктивные элементы сварного соединения по ГОСТ 16037-80 [13]

Условное обозначение сварного	Конструктивные элементы		b		c		e		g	
	Подготовка кромок сварных деталей	Шва сварного соединения	Номин мм.	Номин мм.	Предел откл. мм.	Предел откл. мм.	Номин мм.	Предел откл. мм.	Номин мм.	Предел откл. мм.
С17			2	+1	1	±0,5	18	+4	2	+2 -1,5

Расчет режимов сварки производится согласно методике, изложенной в [14]. Для определения числа проходов найдем общую площадь поперечного сечения наплавленного металла.

Площадь наплавленного металла рассчитывается следующим образом [14]:

$$F_H = h^2 \times tg30 + b \times S + 0,73 \times g \times e, \quad (5)$$

где h, b, S, g, e – геометрические параметры разделки, определяемые в соответствии с ГОСТ 16037-80 [13], тогда подставим значения в формулу (5), получим:

$$F_H = 11^2 \times tg30 + 2 \times 12 + 0,73 \times 2 \times 18 = 120 \ мм^2.$$

Общую площадь поперечного сечения наплавленного и расплавленного металлов найдем по формуле [14]:

$$F = 0,73 \times e \times (S + g) = 0,73 \times 18 \times (11 + 2) = 171 \ мм^2 . \quad (6)$$

Находим площадь поперечного сечения проплавленного металла по формуле:

$$F_{ПР} = F - F_H = 171 - 120 = 51 \ мм^2 \quad (7)$$

Первый проход выполняем электродом диаметром LB 52U Ø3,2 мм; все последующие проходы выполняем электродами ОК 53.70 диаметром 4 мм.

При сварке швов стыковых соединений площадь поперечного сечения металла, наплавляемого за один проход, при которой обеспечиваются оптимальные условия формирования, должна составлять не более 30 мм^2 для первого прохода (при сварке корня шва) и не более 40 мм^2 для последующих проходов.

Воспользуемся формулой, описанной в [14], для определения первого прохода:

$$F_1 = (6 \ldots 8) \times d_э = 8 \times 3,2 = 25,6 \ мм^2, \quad (8)$$

принимаем $F_1 = 26 \ мм^2$.

Для определения последующих проходов [14]:

$$F_n = (8 \ldots 12) \times d_э = 11 \times 4 = 44 \ мм^2. \quad (9)$$

принимаем $F_n = 44 \ мм^2$.

Число проходов рассчитывается по формуле:

$$n = \frac{F_H - F_1}{F_n} + 1 = \frac{120 - 26}{44} + 1 = 3,2, \quad (10)$$

назначаем четыре проходов.

Расчёт силы сварочного тока при сварке покрытыми электродами производится по диаметру электрода и допускаемой плотности тока [14]:

$$I_{св} = \frac{\pi \times d_э^2}{4} \times j, \quad (11)$$

где $d_э$ - диаметр электродного стержня, мм;

j – допускаемая плотность тока, А/мм^2.

Для корневого слоя электроды диаметра 3,2 мм силу сварочного тока по формуле (20) [14]:

$$I_{св} = \frac{3,14 \times 3,2^2}{4} \times (13...18,5) = 104...149 \ A,$$

принимаем $I_{св} = 90 \ A$, так как сварка корня самое ответственное место, то не рекомендуется использовать большие значение силы сварочного тока.

Для заполняющего и облицовочного слоев электроды диаметра 4 мм силу сварочного тока по формуле [9]:

$$I_{св} = \frac{3,14 \times 4^2}{4} \times (10...14,5) = 126...182 \ A,$$

принимаем $I_{св} = 160 \ A$.

Для приближённого расчёта напряжения на дуге воспользуемся выражением [14]:

$$U_д = 20 + 0,04 \times I_{св}. \quad (12)$$

Для сварки корневого слоя шва согласно формуле (12):

$$U_д = 20 + 0,04 \times 90 = 23,6 \ B,$$

принимаем $U_д = 24 \ B$.

Для сварки заполняющего и облицовочного слоев шва согласно формуле (12):

$$U_д = 20 + 0,04 \times 160 = 26,4 \ B,$$

принимаем $U_д = 27 \ B$.

Скорость дуговой сварки покрытыми электродами обычно задается и контролируется косвенно по необходимым размерам получаемого шва и может быть определена по формуле [14]:

$$V_{св} = \frac{\alpha_н \times I_{св}}{3600 \times \gamma \times F_н}, \quad (13)$$

где $\alpha_н$ – коэффициент наплавки, г/А·ч;

$F_н$ – площадь поперечного сечения наплавленного металла за данный проход, см^2;

γ – плотность наплавленного металла за данный проход, г/см^3 (для стали γ=7,8 г/см^3).

Подставляем значения в формулу (22) и получаем:

для сварки корневого слоя шва:

$$V_{св} = \frac{9,5 \times 90}{3600 \times 7,8 \times 26 \times 10^{-2}} = 0,12 \ см/с = 4,2 \ м/ч;$$

для сварки заполняющего и облицовочного слоев шва:

$$V_{св} = \frac{9,5 \times 160}{3600 \times 7,8 \times 44 \times 10^{-2}} = 0,12 \ см/с = 4,4 \ м/ч.$$

Сварку осуществляем, как показывает расчет, с одинаковой скоростью на всех слоях шва.

Значение погонной энергии определяет количество энергии, вводимое в единицу длины шва (Дж·с/см) [14].

$$q_п = \frac{q_{эф}}{V_{св}} = \frac{I_{св} \times U_д \times \eta_и}{V_{св}}, \qquad (14)$$

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

$I_{св}$ – ток сварочной дуги, А;

$U_д$ – напряжений на дуге, В;

$\eta_и$ – эффективный КПД нагрева изделия дугой, для дуговых методов сварки находится в пределах 0,6…0,9: покрытыми электродами на постоянном токе 0,75…0,85;

$V_{св}$ – скорость перемещения сварочной дуги, см/с.

Подставляем значения в формулу (23) и получаем:

для сварки корневого слоя шва:

$$q_п = \frac{90 \times 24 \times 0,8}{0,12} = 14400 \ Дж/см;$$

для сварки заполняющего и облицовочного слоев шва:

$$q_п = \frac{160 \times 27 \times 0,8}{0,12} = 28800 \ Дж/см.$$

4 Технология ремонта дефектного участка нефтепровода

4.1 Обнаружение дефектов в стенке трубопровода

Обнаружение дефектов в стенке трубопровода реализуется следующими "интеллектуальными" снарядами-дефектоскопами.

Дефектоскоп магнитный трубный ДМТ – для определения дефектов потери металла, дефектов геометрии трубы, продольных трещин и других.

Дефектоскоп магнитный трубный поперечного намагничивания ДМТП – для определения дефектов потери металла, дефектов геометрии трубы, поперечных трещин и других.

Запуски внутритрубных инспекционных снарядов выявили следующие дефекты:

- дефекты геометрии;
- дефекты стенки трубы;
- дефекты сварного шва;
- комбинированные дефекты;
- недопустимые конструктивные элементы [15].

Методика ремонта дефектного участка нефтепровода изложена в [16, 17].

После обнаружение дефектов производится перекрытие участка трубопровода. Длина участка составляет 30 км (рисунок 3).

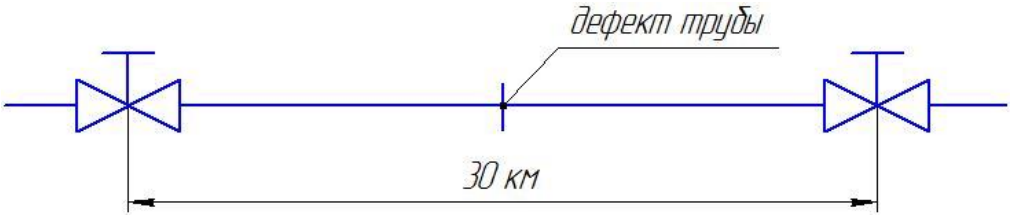


Рисунок 3 – Участок нефтепровода

На место обнаружения дефекта выезжает бригада УАВР.

4.2 Последовательность сварочно-ремонтных работ

Объемы ремонтных работ на нефтепроводе и сроки их выполнения определяет НГДУ по результатам осмотров, диагностических обследований, ревизий, по прогнозируемым режимам транспортировки нефти и газа, установленным предельным рабочим давлениям, анализу эксплуатационной надежности, в соответствии с местными условиями и требованиями безопасности. Ремонт промысловых трубопроводов осуществляется в соответствии с действующими нормативными документами [18].

Один из видов ремонта трубопровода является метод «Вырезка дефекта» (замена катушки). При этом способе ремонта участок трубы с дефектом («катушка») должен быть вырезан из нефтепровода и заменен бездефектной «катушкой». Вырезка дефекта должна применяться в случае обнаружения недопустимого сужения проходного диаметра нефтепровода, невозможности обеспечения требуемой степени восстановления нефтепровода при установке муфт (протяженная трещина, глубокая вмятина с трещиной или коррозией), экономической нецелесообразности установки муфт из-за чрезмерной длины дефектного участка.

Порядок организации и выполнения работ по вырезке и врезке «катушек», требования к врезаемым «катушкам» определяются РД 153-39 4Р- 130-2002 [19].

Подготовка нефтепровода к ремонту с предварительным размагничиванием

Перед проведением ремонтных работ труба обязательно промывается водой под давлением выводя из ремонтируемого участка остатков нефтепродуктов и попутного газа. Для обеспечения безопасности проводимых работ. Производится перекрытие участка производства работ линейными или технологическими задвижками. Сброс остаточного давления в отрезке трубопровода. Установка сертифицированных глухарей на задвижки со стороны проведения работ.

Вырезка дефектного участка

Вырезка дефектного участка должна осуществляться: безогневым методом с применением труборезных машин (труборезов). Длина вырезаемого участка трубопровода (детали) должна быть больше дефектного участка не менее чем на 100 мм с каждой стороны, но не меньше диаметра трубопровода. После окончания работ по вырезке дефектного участка трубы, труборезы демонтируются, ремонтный котлован освобождается от вырезанных «катушек», деталей и зачищается от замазученности. Внутренняя полость нефтепроводов должна перекрываться тампонами-герметизаторами:

- пневматическими тампонами-герметизаторами из резинокордной оболочки;
- тампонами из глины, необожженного кирпича.

Подготовка трубопровода и «катушки» к сварке с предварительным размагничиванием

Перед сваркой кромки и концы соединительных деталей и ремонтируемого трубопровода зачищаются до металлического блеска, на ширину не менее 10 мм, с внутренней и наружной стороны, Обработку концов труб для сварки (отрезку труб и снятие фасок) необходимо производить механическим способом (абразивным кругом) с помощью УШМ3, выдержав геометрические размеры формы кромок под сварку согласно таблице 9.

Размагничивание трубопровода

В первую очередь производится измерение остаточной намагниченности на торцах трубы, с помощью индикатора магнитного поля ИМП-97Х либо МИ-10Х. Если показание прибора выше (2 мТл) требуется размагничивание.

Размагничивание производится с помощью аппарата универсального размагничивающего автоматизированного "АУРА-7001".

- На один из открытых торцов трубопровода наматывается в 6-10 витков размагничивающая обмотка на расстоянии от торца трубы 50-100 мм.

- Устанавливается съёмный датчик.

- Секционированная обмотка и датчик через пульт дистанционного управления с помощью переходных разъемных кабелей соединяются с АУРА-7001, который может находится вне зоны ремонта.

- На пульте дистанционного управления нажимается кнопка «Пуск» и начинается процесс размагничивания торца трубопровода. Окончание процесса размагничивания (через 1 - 1,5 мин) индицируется на пульте дистанционного управления.

- Секционированные обмотки, датчик демонтируются с размагниченного торца трубопровода и в том же порядке устанавливаются на другой торец. Автоматический процесс размагничивания повторяется.

- Процесс размагничивания обоих торцов трубопровода завершен.

- При этом в процессе сборки и сварки требуется периодически проверять наличие и размер остаточной намагниченности. А при возрастании свыше (2 мТл) нужно провести весь процесс по размагничиванию повторно.

Установка нового отрезка трубы

Монтаж вавариваемой катушки производится в наружные центраторы и контролируется непосредственно сварщиками которые будут производить сварку данных стыков. С помощью универсального шаблона сварщика (УШС-3) после закрепления в центраторах устанавливается зазор между свариваемыми торцами труб, проверяется допуск на смещение кромок и перелом осей труб. Обязательно производится просушка торцов труб путем их подогрева до 20-50° С:

- при наличии влаги на кромках, независимо от прочности основного металла;
- при температурах воздуха ниже +5° С для труб с нормативным пределом прочности 539 МПа (55 кгс/мм) и выше.

Сварка стыков трубопровода

После проведения всех замеров производится прихватка труб в соответствии с [3] при сварке трубы диаметром 1020х12 мм требуется не менее четырех прихваток длиной не менее (100-150 мм) и высотой не менее 3 мм. После сварки прихватки обрабатываются механическим путем от шлака брызг и окалин.

После завершения обработки прихваток два сварщика приступают к сварке корневого слоя шва из потолочного положения вверх с каждой стороны. Переплавляя прихватки с металлом шва следует обеспечить полное сплавление и проплавление внутренних кромок, образуя обратный валик внутри свариваемого соединения размером от 0,5 до 3 мм. Обязательным этапом после сварки коренного слоя шва является механическая обработка абразивным инструментом поверхности шва от шлака, брызг и зачистка карманов из линии сваривания основного металла с металлом шва.

Далее производиться заполняющий слой шва с последующей механической обработкой.

Завершающим этапом является сварка облицовочного слоя шва в соответствии с [13] выдерживая размеры усиления и чешуйчатость шва. Для гарантированного прохождения визуально измерительного контроля (ВИК) шва.

Ремонт дефектного участка без предварительного размагничивания

Подготовка нефтепровода, вырезка дефектного участка, обработка торцов свариваемых деталей под сварку а также установка нового отрезка трубы, производится по такой же технологии как указано выше.

При выявлении эффекта намагничивания в случаи сварки без предварительного размагничивания к используемому источнику питания, в штатные разъемы, подключается инвертор сварочного тока ИСТ-201.

Сварка стыков ремонтируемого участка производится с аналогичными параметрами сварки, как в пункте 4, с единственным изменением в режиме сварки, для лучшего протекания процесса сварки рекомендуется увеличение силы тока на 10-15 %.

5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

В данном разделе необходимо определить экономическую целесообразность сварки трубы диаметром 1020 мм толщиной стенки 12 мм ручной дуговой сваркой.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- оценить потенциальных потребителей результатов технического проектирования;
- определить трудоемкость выполненной работы и разработать график проведения исследования;
- провести расчет норм времени на сварку;
- рассчитать смету проекта.

5.1 Потенциальные потребители результатов разработки технологии

Выпускная квалификационная работа по теме «Повышение производительности ремонта нефтепровода диаметром 720...1220 мм» выполняется для организации АО «Транснефть-Западная Сибирь». Заинтересованными лицами в полученных данных будут являться сотрудники организации. Суть работы заключается в разработке процесса сварки труб ручной дуговой сваркой. Сегментируем рынок потребления продукции в зависимости от отрасли, размера компании. Карта представлена в таблице 10.

Таблица 10 – Карта сегментирования по отраслям промышленности

Параметр		Отрасль		
		Нефтяная	Коммунальная	Газовая
Размер компании	Крупные			
	Средние			
	Мелкие			

Уровень потребления продукции	Высокий			
	Средний			
	Низкий			

ЖКХ		ПАО Транснефть		ПАО Газпром	

Из таблицы 10 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.

5.2 Планирование технического проектирования работ

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

— определение структуры работ в рамках технического проектирования;

— определение участников каждой работы;

— установление продолжительности работ;

— построение графика проведения работ.

5.2.1 Структура работ в рамках проектирования

Для выполнения проектирования формируется рабочая группа, в состав которой входят научный руководитель и студент. Составлен перечень этапов и работ в рамках проведения проектирования и произведено распределение исполнителей по видам работ (таблица 11).

Таблица 11 – Перечень этапов работ и распределение исполнителей

Основные этапы	**№ раб**	**Содержание работ**	**Должность исполнителя**
Разработка технического задания	1	Ознакомление с производственной документацией	Научный руководитель
Выбор направления технического	2	Подбор и изучение материалов по теме	Студент

проектирования			
Расчеты и разработка технологии сварки трубы	3	Выбор основного материала трубы	Студент, научный руководитель
	4	Выбор сварочных материалов и оборудования	Студент, научный руководитель
	5	Расчет режимов сварки	Студент, научный руководитель
	6	Разработка технологической документации на сварку трубы	
	7	Выбор средств и методов неразрушающего контроля сварного шва	Студент
Обобщение и оценка результатов	8	Оценка эффективности полученных результатов	Студент, Научный руководитель
Оформление отчета по техническому проектированию	9	Составление пояснительной записки	Студент
	10	Проверка выпускной квалификационной работы руководителем	Научный руководитель
Сдача выпускной квалификационной работы	11	Подготовка к защите ВКР	Студент, Научный руководитель

В результате определения структуры работ в рамках технического проекта было выявлено шесть основных этапов и 11 работ.

5.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Трудовые затраты в большинстве случаях образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников проектирования.

Трудоемкость выполнения технического проекта оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{ожi}$ используется следующая формула:

$$t_{\text{ожі}} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5}, \quad (1)$$

где $t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i-ой работы чел.-дн.;

$t_{\min i}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i-ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

$t_{\max i}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i-ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

5.2.3 Разработка проведения может технического проектирования

В рамках планирования технического проекта необходимо построить ленточный график проекта.

Диаграмма Ганта – представляет собой ленточную диаграмму, которая имеет две шкалы: шкала выполняемых задач и временная шкала. В соответствии со сроком, отведенным по проекту каждой задаче, он откладывается на временной шкале.

График строится для ожидаемого по длительности исполнения работ в рамках технического проекта, с разбивкой по месяцам и декадам за период времени подготовки ВКР. На основе таблицы 12 строим план-график проведения работа (таблица 13)

Продолжительность выполнения технического проекта заняла 12 декад, начиная со второй декады февраля и заканчивая первой декадой июня. Продолжительность выполнения технического в календарных днях заняла 100 дней. Из них:

100 дней – продолжительность выполнения работ студента;

10 дней – продолжительность выполнения работ научный руководителя.

Таблица 12 – Расчёт продолжительность работ чел.-дн.

№	Название работы	Трудоёмкость работ, чел-дни					
		Минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i-ой работы		Максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i-ой работы		Ожидаемая трудоемкость выполнения i-ой работы	
		Науч. рук-ль	Студент	Науч. рук-ль	Студент	Науч. рук-ль	Студент
1	Составление и утверждение технического задания	1	-	1	-	1	-
2	Подбор и изучение материалов по теме	-	3	-	7		5
3	Выбор основного материала трубы	1	19	1	23	1	21
4	Выбор сварочных материалов и оборудования	1	17	1	25	1	20
5	Расчет режимов сварки	1	14	1	21	1	17
6	Разработка технологической документации на сварку трубы	1	3	1	6	1	4
7	Выбор средств и методов неразрушающего контроля сварного шва	1	14	1	18	1	16
8	Оценка эффективности полученных результатов	1	6	1	8	1	7
9	Составление пояснительной записки	-	3	-	12	-	7
10	Проверка выпускной квалификационной работы руководителем	1	-	1	-	1	-
11	Сдача и защита выпускной квалификационной работы	1	2	3	4	2	3

Таблица 13 – Диаграмма Ганта

№	Вид работ	Исполнители	T_{pi}, раб. дн.	Продолжительность выполнения работ												
				Февр.		Март			Апрель			Май			Июнь	
				2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2
1	Ознакомление с производственной документацией	Руководитель	1													
2	Подбор и изучение материалов по теме	Студент	5													
3	Выбор основного материала трубы	Руководитель	1													
		Студент	21													
4	Выбор сварочных материалов и оборудования	Руководитель	1													
		Студент	20													
5	Расчет режимов сварки	Руководитель	1													
		Студент	17													
6	Разработка технологической документации на сварку трубы	Руководитель	1													
		Студент	4													
7	Выбор средств и методов неразрушающего контроля сварного шва	Руководитель	1													
		Студент	16													
8	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель	1													
		Студент	7													
9	Составление пояснительной записки	Студент	7													
10	Проверка ВКР руководителем	Руководитель	1													
11	Подготовка к защите ВКР	Руководитель	2													
		Студент	3													

5.3 Определение норм времени на сварку

В данном разделе производится экономическая оценка двух сравниваемых способов сварки (ручной дуговой сварки с предварительным размагничиванием катушки (РДС с Р) и ручной дуговой сварки без размагничивания (РДС без Р)) при сборки и сварки участка трубопровода.

Определение норм времени для ручной дуговой сварки производится по методике описаной в [20, 21] (таблица 14).

Таблица 14 – Основное время для ручной дуговой сварки

Исходные данные	Сравниваемые процессы	
	РДС с Р	РДС без Р
$F_н$ – площадь наплавленного металла, мм^2	90	90
γ – плотность наплавляемого металла, г/см^3	7,8	7,8
$I_{св}$ – сварочный ток, А 1 проход 2 проход 3 проход	 90 160 160	 90 160 160
$\alpha_н$ – коэффициент наплавки, г/А·ч	9,5	9,5

Определение основного времени на сварку производится по формуле:

$$t_0 = \frac{F_н \times \gamma \times 60}{I_{св} \times \alpha_н}, \qquad (33)$$

где $F_н$ – площадь наплавленного металла, мм^2;

γ – плотность наплавляемого металла, г/см^3;

$I_{св}$ – сварочный ток, А;

$\alpha_н$ – коэффициент наплавки, г/А·ч.

Подставляем значения в формулу (33) и получаем для РДС с Р:

$$t_0 = \frac{7{,}8 \times 60}{9{,}5} \times \left(\frac{26}{90} + \frac{44}{160} + \frac{44}{160} \right) = 41 \ мин.$$

Подставляем значения в формулу (33) и получаем для РДС без Р:

$$t_0 = \frac{7{,}8 \times 60}{9{,}5} \times \left(\frac{26}{90} + \frac{44}{160} + \frac{44}{160} \right) = 41 \ мин.$$

Разница во времени основной сварки между РДС с Р и РДС без Р отсутствует.

Необходимые данные для расчета значений времени $t_{в.ш}$, $t_{в.из}$ а также коэффициента $k_{об}$ для ручной дуговой получены из [20] (таблица 15).

Таблица 15 – Вспомогательное время, связанное со сваркой шва

Элементы работы	РДС с Р	РДС без Р
Очистка перед сваркой свариваемых кромок от налета, ржавчины и осмотр, мин	0,4	0,4
Установка и смена электродов, мин	0,39	0,39
Осмотр и промер шва, мин	0,3	0,3
Зачистка околошовной зоны от брызг наплавленного металла, мин	0,4	0,4
Всего	1,49	1,49

Разница во вспомогательном времени сварки между РДС с Р и РДС без Р отсутствует.

Разница во вспомогательном времени сварки между РДС с Р и РДС без Р, составляет 20 мин, что в процентном соотношении дает уменьшение времени на 58 % (таблица 16).

Таблица 16 – Вспомогательное время, связанное с изделием и работой оборудования

Элементы работы	РДС с Р	РДС без Р
Размагничивание стыка, мин	20	-
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	34,21	14,21

Таблица 17 – Подготовительно-заключительное время, связанное с наладкой и переналадкой оборудования

Разница в подготовительно-заключительном времени между РДС с Р и РДС без Р отсутствует (таблица 17).

Элементы работы	РДС с Р	РДС без Р
Получение производственного задания, указаний и инструктажа от мастера и его сдача, мин	6	6
Ознакомление с работой, мин	4	4
Установка, настройка и проверка режимов, мин	3	3
Подготовка рабочего места к работе, мин	4	4
Сдача работы, мин	3	3
Итого	20	20

Определение штучного времени сварки производится по формуле:

$$T_{шт} = [(t_0 + t_{вш}) \cdot l + t_{ви}] \cdot K_{об}, \quad (34)$$

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

$t_{вш}$ - 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 полуавтоматическую – 1,12; на ручную – 1,10);

Подставляем значения в формулу (34) и получаем для РДС с Р:

$$T_{шт} = \left[(41+1,49)\times 3,2+34,21\right] \times 1,1 = 187 \ мин$$

Подставляем значения в формулу (34) и получаем для РДС без Р:

$$T_{шт} = \left[(41+1,29)\times 3,2+14,21\right] \times 1,1 = 164 \ мин$$

Разница в штучном времени сварки между РДС с Р и РДС без Р составляет 23 мин, что в процентном соотношении дает уменьшение времени на 12 % (таблица 18).

Таблица 18 – Штучное время

Исходные данные	РДС с Р	РДС без Р
t_o – основное время на сварку, мин/м	41	41
$t_{вш}$ – вспомогательное время, связанное со свариваемым швом на 1 пог. м шва, мин	1,49	1,49
l – длина шва $l = \pi \times d$	3,2	3,2
$t_{виз}$ – вспомогательное время, связанное со свариваемым изделием, мин	34,21	14,21
$K_{об}$ – коэффициент, учитывающий затраты времени на обслуживание рабочего места, отдых и естественные надобности	1,1	1,1

Определение размера партии производится по формуле:

$$n = \frac{T_{см} \cdot 60}{T_{шт}}, \qquad (35)$$

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

$T_{шт}$ – штучное время, мин

Подставляем значения в формулу (35) и получаем для РДС с Р:

$$n = \frac{8 \times 60}{187} \approx 2,5 \text{ шт}.$$

Подставляем значения в формулу (35) и получаем для РДС без Р:

$$n = \frac{8 \times 60}{164} \approx 3 \text{ шт}.$$

Разница в размере партии между РДС с Р и РДС без Р, составляет 0,5 шт, что в процентном соотношении дает увеличение количества на 17 % (таблица 19).

Таблица 19 – Количество сваренных труб в рабочую смену

Исходные данные	РДС с Р	РДС без Р
$T_{см}$ – продолжительность одной рабочей смены, ч	8	8
$T_{шт}$ – штучное время, мин	187	164

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

$$T_{шк} = T_{шт} + \frac{t_{п.з.}}{n}, \quad (36)$$

где $T_{шт}$ – штучное время, мин;

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

n – размер партии

Подставляем значения в формулу (36) и получаем для РДС с Р:

$$T_{шк} = 187 + \frac{20}{2,5} = 195 \ мин.$$

Подставляем значения в формулу (36) и получаем для РДС без Р:

$$T_{шк} = 164 + \frac{20}{3} = 170 \ мин.$$

Разница в штучно-калькуляционном времени сварки между РДС с Р и РДС без Р, составляет 25 мин, что в процентном соотношении дает уменьшение времени на 13 % (таблица 20).

Таблица 20 – Штучно-калькуляционное время

Исходные данные	РДС с Р	РДС без Р
$T_{шт}$ – штучное время, мин	187	164
$t_{пз}$ – подготовительно – заключительное время, мин	20	20
n – размер партии, шт	2,5	3

Определение массы наплавленного металла шва производится по формуле:

$$G_н = F \cdot l \cdot \gamma, \quad (37)$$

где F – площадь наплавленного металла, мм^2;

l – длинна шва, м;

γ - плотность наплавляемого металла.

Подставляем значения в формулу (37) и получаем для РДС с Р:

$$G=90\times3,2\times7,8=2,25 \text{ кг.}$$

Подставляем значения в формулу (37) и получаем для РДС без Р:

$$G=90\times3,2\times7,8=2,25 \text{ кг.}$$

Разница массе наплавленного металла между РДС с Р и РДС без Р отсутствует (таблица 21).

Таблица 21 – Масса наплавленного металла шва

Исходные данные	РДС с Р	РДС без Р
$F_н$ – площадь наплавленного металла, мм^2	90	90
L – длинна шва, м	3,2	3,2
γ – плотность наплавляемого металла, г/см^3	7,8	7,8

5.4 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;

– социальные цели;

– электроэнергия;

– ремонт оборудования.

5.4.1 Затраты на сварочные материалы

Определение затрат на сварочные материалы производится по формуле:

$$C_{см} = g_{нм} \cdot k_п \cdot Ц_{см}, \quad (38)$$

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

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

$Ц_{см}$ – цена электродов/ электродной проволоки, руб/кг

Подставляем значения в формулу (38) и получаем для РДС с Р:

$$C_{см} = 2,25 \times 1,6 \times 150 = 540 \ \ руб.$$

Подставляем значения в формулу (38) и получаем для РДС без Р:

$$C_{см} = 2,25 \times 1,6 \times 150 = 540 \ \ руб.$$

Разница в затратах на сварочные материалы между РДС с Р и РДС без Р отсутствует (таблица 22).

Таблица 22 – Затраты на сварочные материалы

Исходные данные	РДС с Р	РДС без Р
$g_{нм}$ – масса наплавленного металла, кг/изд	2,25	2,25
$k_п$ – коэффициент, учитывающий отношение веса электродов или проволоки к весу наплавленного металла	1,6	1,6
$Ц_{см}$ – цена электродов, руб	150	150

5.4.2 Затраты на заработанную плату рабочих

Определение затрат на заработанную плату рабочих производится по формуле:

$$C_з = \frac{C_{мз} \cdot t_{шк}}{F_{мр} \cdot 60}, \quad (40)$$

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

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

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

Подставляем значения в формулу (40) и получаем для РДС с Р:

$$C_З = \frac{60000 \times 195}{172 \times 60} = 1134 \ \ руб.$$

Подставляем значения в формулу (40) и получаем для РДС без Р:

$$C_З = \frac{60000 \times 170}{172 \times 60} = 988 \ \ руб.$$

Разница в затратах на заработанную плату рабочих между РДС с Р и РДС без Р, составляет 146 руб, что в процентном соотношении дает снижение затрат на 13 % (таблица 23).

Таблица 23 – Затраты на заработанную плату рабочих

Исходные данные	РДС с Р	РДС без Р
$C_{мз}$ – среднемесячная заработная плата рабочих соответствующих профессий, руб	60000	60000
$F_{мр}$ – месячный фонд времени работы рабочих, часы/месяц $F_{мр} \approx 172$ часов/месяц	172	172
$t_{шк}$ – штучно–калькуляционное время на выполнение операции, мин\изд	195	170

5.4.3 Затраты на отчисления во внебюджетные фонды

Определение затрат на отчисления во внебюджетные фонды производится по формуле:

$$C_{отч} = \frac{k_{отч} \cdot C_з}{100}, \qquad (41)$$

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

$С_з$ – Затраты на заработанную плату рабочих

Подставляем значения в формулу (41) и получаем для РДС с Р:

$$C_{отч} = \frac{30 \times 1134}{100} = 340 \ \ руб.$$

Подставляем значения в формулу (41) и получаем для РДС без Р:

$$C_{отч} = \frac{30 \times 988}{100} = 296 \ \ руб.$$

Разница в затратах на отчисления во внебюджетные фонды между РДС с Р и РДС без Р, составляет 44 руб, что в процентном соотношении дает снижение затрат на 13 % (таблица 24).

Таблица 24 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исходные данные	РДС с Р	РДС без Р
$k_{отч}$ – процент отчислений во внебюджетные фонды от основной и дополнительной заработной платы	30,2 %	30,2 %
$С_з$ – Затраты на заработанную плату рабочих, руб	1134	988

5.4.4 Затраты на электроэнергию

Определение затрат на электроэнергию производится по формуле:

$$C_{эт} = \frac{U \cdot I \cdot t_o \cdot l}{60 \cdot \eta \cdot 1000} \cdot Ц_{эл}, \qquad (42)$$

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;

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

Подставляем значения в формулу (42) и получаем для РДС с Р:

$$C_{эт} = \frac{24 \times 143 \times 41 \times 3,2}{60 \times 0,8 \times 1000} \times 5,4 = 51 \text{ руб}.$$

Подставляем значения в формулу (42) и получаем для РДС без Р:

$$C_{эт} = \frac{24 \times 143 \times 41 \times 3,2}{60 \times 0,8 \times 1000} \times 5,4 = 51 \text{ руб}.$$

Разница в затратах на электроэнергию между РДС с Р и РДС без Р отсутствует (таблица 25).

Таблица 25 – Затраты на электроэнергию

Исходные данные	РДС с Р	РДС без Р
U – напряжение, В	24	24
I – сила тока, А	143	143
t_o - основное время сварки, мин/м	41	41
l – длина сварного шва, м/изд	3,2	3,2
η – коэффициент полезного действия источника питания	0,8	0,8
$Ц_{эл}$ – стоимость 1 квт-ч электроэнергии, руб	5,4	5,4

5.4.5 Затраты на ремонт оборудования

Определение затрат на электроэнергию производится по формуле:

$$C_p = \frac{\sum_{j=1}^{n} Ц_j \cdot k_{рем} \cdot t_{шк}}{F_{ГО} \cdot k_З \cdot 60}, \quad (43)$$

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 (43) и получаем для РДС с Р:

$$C_p = \frac{1595736 \times 0,25 \times 195}{2000 \times 0,8 \times 60} = 810 \text{ руб.}$$

Подставляем значения в формулу (43) и получаем для РДС без Р:

$$C_p = \frac{1036736 \times 0,25 \times 170}{2000 \times 0,8 \times 60} = 459 \text{ руб.}$$

Разница в затратах на электроэнергию между РДС с Р и РДС без Р, составляет 351 руб, что в процентном соотношении дает уменьшение затрат на 43 % (таблица 26).

Таблица 26 – Затраты на ремонт оборудования

Исходные данные	РДС с Р	РДС без Р
$Ц_j$ – цена оборудования соответствующего вида: - агрегат сварочный Ranger 305D - аппарат универсальный размагничивающий автоматизированный АУРА-7001 - инвертор сварочного тока ИСТ-201	 936736 659000	 936736 100000
$k_{рем}$ – коэффициент, учитывающий затраты на ремонт	0,25	0,25
$t_{шк}$ – штучно– калькуляционное время на выполнение операции, мин\изд	195	170
$F_{го}$ – годовой фонд времени работы оборудования, ч	2000	2000
$k_з$ – коэффициент, учитывающий загрузку оборудования	0,8	0,8

5.4.6 Текущие затраты и расчет себестоимости сварного шва

По результатам расчетов разница в общих затратах на сварку одного стыка нефтепровода диаметром 1020 мм между РДС с Р и РДС без Р, составляет 541 руб, что в процентном соотношении дает снижение затрат на 19 % (таблица 27).

Таблица 27 – Результаты расчетов себестоимости сварного шва

Наименование	РД с Р (1)	РД без Р (2)	Разница (1)–(2)
1. Сварочные материалы	540	540	0
2. Основная зарплата	1134	988	146
3. Отчисления во внебюджетные фонды	340	296	44
4. Электроэнергия	51	51	0
5. Ремонт	810	459	351
Итого	2875	2334	541

Проведен технико–экономический анализ процесса сварки стыка нефтепровода диаметром 1020 мм толщиной стенки 12 мм из стали 14ХГС ручной дуговой сваркой с размагничиванием и без него.

Разница в штучно-калькуляционном времени сварки между РДС (195 мин) и РДС МТ (170 мин), составляет 25 мин, что в процентном соотношении дает уменьшение времени на 13 %.

По затратам на сварку стыка выгодна РДС без Р, она обходится дешевле на 541 руб, что в процентном соотношении дает снижение затрат на 19 %.

Можно сделать вывод, что применение ручной дуговой сварки без размагничивания экономически оправдано.

6 Социальная ответственность

Объектом исследования является процесс ремонта нефтепровода диаметром 1020 мм толщиной стенки 12 мм ручной дуговой сваркой покрытыми электродами.

Рабочее место сварщика расположено на открытом воздухе. Трасса нефтепровода проходит в Новосибирской области Новосибирское районное нефтепроводное управление, участок Омск-Иркутск 667,7-703,9 км и 703,9-840,1 км. Местность равнинная. Климат умеренный.

6.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

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

Требования по охране труда при эксплуатации трубопроводов определяются законом «Об основах охраны труда в РФ», «Законом о промышленной безопасности опасных производственных объектов», другими действующими законодательными актами РФ и субъектов РФ, правилами, решениями и указаниями органов государственного надзора, Министерства и ведомства (компании).

Ответственность за соблюдение требований промышленной безопасности, а также за организацию и осуществление производственного контроля несут руководитель эксплуатирующей организации и лица, на которых возложены такие обязанности в соответствии с должностными инструкциями.

Согласно Федеральному закону «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» трубопровод и входящие в его состав объекты, относятся к опасным производственным объектам.

Декларация промышленной безопасности опасных производственных объектов должна содержать требования к трубопроводам.

К работам по эксплуатации трубопровода допускаются лица не моложе 18 лет, прошедшие в установленном порядке инструктаж, подготовку, не имеющие медицинских противопоказаний при работе на опасных производственных объектах.

Обслуживание и ремонт технических средств трубопроводов должны осуществляться на основании соответствующей лицензии, выданной федеральным органом исполнительной власти, специально уполномоченным в области промышленной безопасности, при наличии договора страхования риска ответственности за причинение вреда при их эксплуатации.

Инструкции по охране труда разрабатываются руководителями участков, лабораторий и т.д. в соответствии с перечнем по профессиям и видам работ, утвержденным руководителем предприятия.

6.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны

При выполнении сварочных работ используются покрытые электроды LB52U диаметром 3,2 мм и OK 53.70 диаметром 4 мм. В процессе проведения сварочных работ выделяются разнообразные примеси, основными из которых являются твердые частицы и газы. Основными компонентами пыли при сварке оказываются окислы железа, марганца, хрома, кремния, фтористые и другие соединения. Наиболее вредными веществами, которые входят в состав покрытия и металла проволоки является хром, марганец и фтористые соединения. Воздух в рабочей зоне сварщика также загрязняется вредными газами окиси углерода.

При ремонтных работах на участке используется следующее оборудование:

Агрегат сварочный Ranger 305D – 1 шт.

Инвертор сварочного тока ИСТ-201 – 1 шт.

В качестве основного материала используют сталь марки: 14ХГС.

Рабочее место сварщика соответствует требованиям ГОСТ 12.2.032-78 [22].

6.2 Производственная безопасность

Разрабатываемая технология сварки предполагает использование дуговой сварки и совместного использования аагрегата сварочного Ranger 305D с инвертором сварочного тока ИСТ-201, 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.

6.2.1 Анализ потенциально возможных и опасных факторов, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований

Для выбора факторов использовался ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» [23]. Перечень опасных и вредных факторов, характерных для проектируемой производственной среды представлен в виде таблицы 28.

Таблица 28 – Опасные и вредные факторы при выполнении работ по разработке программного модуля

Источник фактора, наименование вида работ	Факторы по ГОСТ 12.0.003-2015 [23]		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
1) Ручная дуговая сварка покрытым электродом 2) Работа со сварочным оборудованием	1. Неудовлетворительное освещение рабочей зоны; [23,27]; 2. Повышенный уровень шума на рабочем месте; [28]; 3. Неудовлетворительный климат; 4. Вредные вещества; 5. Укусы насекомых иживотных 6. Психофизические факторы (повышенная	1. Поражение электрическим током 2. Термические ожоги	СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 [24] СанПиН 3359-16 [34] СП 52.13330.2016 [27] СанПиН 2.2.4.548–96 [35] СН 2.2.4/2.1.8.562–96 [28]

	нагрузка на органы чувств (зрение, слух), тяжелая физическая работа, умственное перенапряжение, монотонность труда, стрессовые эмоциональные перегрузки, высокий уровень интенсивности деятельности, рабочая поза)		ГОСТ 30494-2011 [36]

6.2.2.Разработка мероприятий по снижению воздействия вредных и опасных факторов

Поражение электрическим током

Причины и практические условия возникновения электропоражений, несмотря на их значительное количество, можно объединить в следующие 5 групп:

- прикосновение к оголенным токоведущим частям, находящимся под напряжением. При этом следует отличать проводящую часть электроустановки от ее токоведущей части. Проводящая часть – часть электроустановки, которая может проводить электрический ток. Токоведущая часть – проводящая часть электроустановки, находящаяся в процессе ее работы под рабочим напряжением, в том числе нулевой рабочий проводник;

- прикосновение к корпусам электрооборудования и конструктивно связанных с ними металлическим предметам и сооружениям, которые нормально не находятся под напряжением, но могут оказаться под ним вследствие повреждения изоляции проводов (кабелей). Указанные корпуса и металлические предметы в соответствии с терминологией, принятой в ПУЭ [33], относятся к открытым проводящим частям (ОПЧ). Открытая проводящая часть – доступная прикосновению проводящая часть электроустановки, нормально не находящаяся под напряжением, но которая может оказаться под напряжением при повреждении основной изоляции. Открытую проводящую часть электроустановки не следует смешивать с понятием сторонняя

проводящая часть, т. е. проводящая часть, не являющаяся частью электроустановки;

- прикосновение к отключенному, но электрически заряженному оборудованию (к конденсаторам, кабелям и т. п.);

- нахождение в недопустимой близости от места замыкания провода (кабеля) на землю. Например, к оборванному проводу, одним концом лежащему на земле, запрещается приближаться на расстояние менее 8 м во избежание попадания под шаговое напряжение;

- все поражения, связанные с действием электрической дуги и продуктов ее сгорания, а также с влиянием электрических и магнитных полей повышенной напряженности.

Сварщику на своем рабочем месте приходиться работать с оборудованием, находящимся под напряжением 220 В и 380 В частотой 50 Гц, поэтому возникает опасность поражения электрическим током. В нашем случае, это сварочный агрегат, инвертор сварочного тока, УШМ – все это представляет потенциальную угрозу для человека. Все оборудование должно быть выполнено в соответствии с требованиями ГОСТ 12.1.019–2017 [37].

Основными условиями, обеспечивающими устранение электротравм являются:

а) правильное устройство электроустановок;

б) обученность электроперсонала;

в) соблюдение правил по безопасному обслуживанию электроустановок;

г) надзор за производством работ в электроустановках.

Для предотвращения поражения электрическим током необходимо следовать следующим правилам техники безопасности:

- необходимо надежно заземлять корпуса источников питания и установок, а также свариваемое изделие;

- запрещено касаться голыми руками (без диэлектрических перчаток) токонесущих частей сварочных установок, а также проводов без изоляции или с поврежденной изоляцией;

- перед началом работ необходимо проверять исправность изоляции сварочных проводов, сварочного инструмента и оборудования, а также надежность всех контактных соединений сварочной цепи;

- при длительных перерывах сварочного процесса источник сварочного тока следует отключать;

- при прокладке сварочных проводов и при каждом их перемещении не допускать: повреждения изоляции, соприкосновения проводов с водой, маслом, стальными канатами, рукавами (шлангами) и трубопроводами с горючими газами и кислородом, а также с горячими трубопроводами;

- нельзя ремонтировать сварочное оборудование и установки, находящиеся под напряжением;

- сварщик не должен самостоятельно подключать источник питания сварочной дуги к силовой сети, или производить в ней ремонт, связанный с работой источника питания. Все эти работы выполняют только электрики цехов.

Все электрооборудование сварочных участков должно соответствовать «Правилам устройства электроустановок» (ПУЭ) [33]. Кроме того, следует выполнять указания по эксплуатации и безопасному обслуживанию электросварочных установок [33]. Обслуживание электроустановок поручается лицам, прошедшим медицинский осмотр и специальное обучение.

В случае поражения сварщика электрическим током необходимо срочно отключить ток ближайшим выключателем или отделить пострадавшего от токоведущих частей, используя сухие подручные материалы (шест, доску и др.). После этого положить его на теплую подстилку и по возможности согреть. Немедленно вызвать медицинскую помощь, учитывая, что промедление свыше 5-6 минут может привести к непоправимым последствиям. При бессознательном состоянии пострадавшего следует освободить от стесняющей одежды и немедленно приступить к искусственному дыханию, также необходимо находиться рядом с пострадавшим до прибытия врача.

Электрозащитные средства:

-изолирующие (изолирующие штанги, изол. клещи, указатели напряжения, диэл. перчатки, галоши и боты, ручной изолирующий инструмент, диэл. ковры и изолирующие подставки, лестницы приставные и стремянки изолирующие стеклопластиковые, гибкие изолирующие покрытия и накладки для работ в электроустановках до 1кВ, устройства и приспособления для обеспечения безопасности работ при измерениях и испытаниях, спец средства защиты, устройства и приспособления изолирующие для работ под напряжением в установках под напряжением 110кВ и выше);

-основные;

-дополнительные;

-неизолирующие (плакаты и знаки безопасности, переносные заземления, защ. ограждения, сигнализаторы наличия напряжения);

Средства защиты от электрических полей повышенной напряженности (330 кВ и выше):

-коллективные средства защиты (съемные и переносные экраны и плакаты безопасности);

-индивидуальные средства защиты (комплекты индивидуальные экранирующие).

Средства индивидуальной защиты: средства защиты головы, средства защиты глаз и лица, средства защиты органов дыхания, средства защиты рук, средства защиты от падения с высоты, одежда специальная защитная.

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 [33].

Вывод: при эксплуатации электрических установок с использованием средств технической защиты обеспечивается электробезопасность.

Освещение рабочей зоны

Основной задачей производственного освещения является поддержание на рабочем месте освещенности, соответствующей характеру зрительной работы.

Территория строительного участка трубопровода в темное время суток должна иметь освещение в соответствии с требованиями СНиП 23-05-95* «Естественное и искусственное освещение» и СНиП 2.11.03-93. Устройство электроосвещения должно соответствовать требованиям «Правил устройства электроустановок»[26].

Для освещения строительного участка трубопровода следует применять прожекторы на мачтах, расположенных за обвалованием.

Осветительные устройства, установленные в пределах монтажа, должны быть во взрывозащищенном исполнении в соответствии с установленными требованиями.

При необходимости проведения работ в ночное время для освещения следует применять только взрывозащищенные аккумуляторные фонари, включать и выключать которые необходимо за пределами обвалования. Применение карманных фонарей запрещается.

Согласно, ГОСТ 12.1.046-85 [38] Нормы освещения строительных площадок, наименьшая освещенность должна быть 50 лк.

Освещение на рабочем месте сварщика соответствует допустимым нормам.

Повышенный уровень шума на рабочем месте

Нормируемые параметры шума на рабочих местах определены ГОСТ 12.1.003-83* [39] и санитарными нормами СН 2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки» [28].

На рабочем месте сварщика шумящее оборудование:

- сварочные агрегаты;
- инверторы сварочного тока;
- приспособление для сборки и сварки;

- отрезной инструмент.

При разработке технологических процессов, проектировании, изготовлении и эксплуатации машин, производственных зданий и сооружений, а также при организации рабочего места следует принимать все необходимые меры по снижению шума, воздействующего на человека на рабочих местах, до значений, не превышающих допустимые.

Применение средств и методов коллективной защиты по ГОСТ 12.1.029-80 [40]. Для снижения шума применяют различные методы коллективной защиты: уменьшение уровня шума в источнике его возникновения; рациональное размещение оборудования; борьбу с шумом на путях его распространения, в том числе изменение направленности излучения шума, использование средств звукоизоляции, звукопоглощения и установку глушителей шума, акустическую обработку поверхностей помещения.

Средства коллективной защиты

На рабочих местах промышленных предприятий защита от шума должна обеспечиваться строительно-акустическими методами:

- применением ограждающих конструкций зданий с требуемой звукоизоляцией;

- применением звукопоглощающих конструкций (звукопоглощающих облицовок, кулис, штучных поглотителей);

- применением акустических экранов;

- применением глушителей шума в системах вентиляции, кондиционирования воздуха и в аэрогазодинамических установках;

- виброизоляцией технологического оборудования.

Средства индивидуальной защиты

Применение средств индивидуальной защиты по ГОСТ 12.4.051-87 [41]. Для защиты от шума также широко применяются различные средства индивидуальной защиты: противошумные наушники, закрывающие ушную раковину снаружи; противошумные вкладыши, перекрывающие наружный слуховой проход или прилегающие к нему; противошумные шлемы и каски;

противошумные костюмы (ГОСТ 12.1.029-80. ССБТ «Средства и методы защиты от шума» [42]).

Согласно [23], уровень шума на рабочем месте сварщика не превышает 80 дБА и соответствует нормам.

Вредные вещества

Вредными основными веществами, выделяющимися при сварке сталей, являются: окись углерода, хром, марганец и фтористые соединения.

Удаление вредных газов и пыли из зоны сварки, а также подача чистого воздуха осуществляется вентиляцией. Значения ПДК вредных веществ в воздухе рабочей зоны при ведены в таблице 29 согласно ГОСТ 1 2.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно - гигиенические требования к воздуху рабочей зоны [42].

Таблица 29 – Предельно допустимые концентрации вредных веществ, которые выделяются в воздухе при сварке металлов [42]

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
Железа оксид	6,0	3
Кремний диоксид	1,0	2
Хром (III) оксид	1,0	2
Хром (VI) оксид	0,01	1
Газовая составляющая сварочного аэрозоля		
Азот диоксид	2,0	3
Марганец оксид	0,3	2
Озон	0,1	1
Углерода оксид	20,0	4
Фтористый водород	0,5/1,0	2

Для защиты от вредного воздействия воздушных загрязнений (при превышении ПДК) работодатель обязан использовать самый последний, и

самый ненадёжный метод - применение средств индивидуальной защиты органов дыхания, кожи, глаз.

СИЗ являются одним из основных способов защиты населения. Эффективность использования СИЗ во многом зависит от правильного их выбора и эксплуатации.

Средства индивидуальной защиты подразделяются на следующие виды*:*

1) средства индивидуальной защиты органов дыхания (СИЗОД);

2) средства индивидуальной защиты кожи (СИЗК);

3) медицинские средства индивидуальной защиты.

Средства индивидуальной защиты органов дыхания предназначены для защиты органов дыхания, лица и глаз от воздействия отравляющих, радиоактивных веществ, АХОВ, бактериальных средств.

К СИЗОД относятся*:*

1) противогазы фильтрующие и изолирующие (защитная фильтрующая одежда (ЗФО), защитные комплекты (ФЛ-Ф, ФЛ-Н, ПЗО-2, КЗХЧ), защитная одежда АТК-1);

2) камеры защитные;

3) респираторы;

4) простейшие средства (аптечка индивидуальная (АИ-1, АИ-2), индивидуальный противохимический пакет (ИПП-8, ИПП-9, ИПП-10, ИПП-11), пакет перевязочный индивидуальный).

Средства защиты кожи (СЗК) предназначены для предохранения людей от воздействия отравляющих, радиоактивных, аварийно-химически опасных веществ и бактериальных средств.

Коллективные - это различные специально оборудованные инженерные сооружения, рассчитанные на защиту определенного количества людей от средств массового поражения.

Согласно [17], ПДК на рабочем месте сварщика соответствует допустимым нормам.

Неудовлетворительный климат

Работы по монтажу нефтепровода проводятся на открытом воздухе. В зимний и летний периоды это накладывает требования по особой организации процесса работ в соответствии с СанПиНом 2.2.3.1384-03 «Гигиенические требования к организации строительного производства и строительных работ» [43].

В зимнее время:

- работающие на открытой территории в холодный период года обеспечиваются комплектом средств индивидуальной защиты (СИЗ) от холода с учетом климатического региона (пояса). При этом комплект СИЗ должен иметь положительное санитарно-эпидемиологическое заключение с указанием величины его теплоизоляции.

- во избежание локального охлаждения работающих следует обеспечивать рукавицами, обувью, головными уборами применительно к конкретному климатическому региону (поясу). На рукавицы, обувь, головные уборы должны иметься положительные санитарно-эпидемиологические заключения с указанием величин их теплоизоляции.

- в целях нормализации теплового состояния работника температура воздуха в местах обогрева поддерживается на уровне 21-25°С. Помещение следует также оборудовать устройствами, температура которых не должна быть выше 40°С (35 - 40°С), для обогрева кистей и стоп.

- продолжительность первого периода отдыха допускается ограничить 10 минутами, продолжительность каждого последующего следует увеличивать на 5 минут.

- в обеденный перерыв работник обеспечивается "горячим" питанием. Начинать работу на холоде следует не ранее, чем через 10 минут после приема "горячей" пищи (чая и др.).

- при температуре воздуха ниже - 30°С не рекомендуется планировать выполнение физической работы категории выше IIа. При температуре воздуха

ниже - 40°С следует предусматривать защиту лица и верхних дыхательных путей.

В летнее время:

- 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.

- для оптимального водообеспечения работающих целесообразно размещать устройства питьевого водоснабжения (установки газированной воды - сатураторы, питьевые фонтанчики, бачки и т.п.) максимально приближенными к рабочим местам, обеспечивая к ним свободный доступ.

- для восполнения дефицита жидкости целесообразно предусматривать выдачу работающим чая, минеральной щелочной воды, клюквенного морса, молочнокислых напитков (обезжиренное молоко, пахта, молочная сыворотка), отваров из сухофруктов при соблюдении санитарных норм и правил их изготовления, хранения и реализации.

Мероприятия по организации процесса работы в летнее и зимнее время для защиты от воздействия климатических условий на сварщиков соответствует допустимым нормам.

Укусы насекомых и животных

При работе на открытой местности в летнее время работники могут подвергнуться укусам кровососущих насекомых. Несмотря на то, что большинство укусов могут вызвать лишь зуд, другие могут быть чрезвычайно

опасными и принести огромное количество проблем со здоровьем, если на укус сразу не обратить внимание.

Согласно, Р 3.5.2.2487-09 Руководство по медицинской дезинсекции [44], для предотвращения укусов насекомых рекомендуется применять защитную одежду. Защитный эффект в данном случае достигается механически. Ткань одежды должна быть достаточно плотной, либо иметь особое плетение нитей, не допускающее проникновение ротовых частей насекомого к поверхности тела человека. Разработан вариант защиты с помощью двух рубашек: нижняя из крупноячеистого достаточно объёмного трикотажного полотна (хлопчатобумажная пряжа), верхняя – из тонкого и прочного мелкоячеистого трикотажного полотна. В данном случае реализуется известный принцип механического способа защиты человека от гнуса – создание между поверхностью одежды и телом человека пространства, превосходящего по глубине длину хоботка нападающих кровососов. Защиту головы следует осуществлять, используя головной убор типа «Накомарник» из мелкоячеистого трикотажного полотна, закрывающего лицо. Открытые части тела человека можно защищать с помощью репеллентов.

На рабочем месте сварщика защита от укосов насекомых и животных соответствует нормам

Психофизичесике факторы

Из психофизических факторов, возникающих при ремонте нефтепровода в трассовых условиях, можно отметить повышенную нагрузку на органы чувств (зрение, слух), тяжелую физическую работу, умственное перенапряжение, монотонность труда, стрессовые эмоциональные перегрузки, высокий уровень интенсивности деятельности, неудобную рабочую позу при осуществлении сварочных процессов.

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.

Термические ожоги

Опасным фактором, неблагоприятно воздействующим на здоровье человека в процессе сварки, являются искры и брызги расплавленного металла из зоны сварки. Это явление также может быть причиной местных ожогов.

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.

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.

6.3.1 Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду

Производственные процессы не должны загрязнять окружающую среду (воздух, почву, водоемы) вредными выбросами и отходами. Удаление и обезвреживание отходов производства, являющихся источниками опасных и

вредных производственных факторов, должно производиться своевременно и организованно, при этом:

- для каждого источника загрязнения атмосферы должна быть установлена предельно допустимая норма выброса в соответствии с СП 31.13330.2012 Водоснабжение. Наружные сети и сооружения [45]. Степень очистки сточных производственных вод должна отвечать требованиям Правил охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами.

- отходы производства должны подвергаться утилизации и обезвреживанию, организованному хранению в отвалах или захоронению. Особо опасные отходы должны подвергаться захоронению в специальных могильниках.

Экология и переработка отходов, в том числе и сварочного производства одна из кардинальных проблем, стоящих перед человечеством и всей мировой экономикой.

Сварочное производство не без оснований относится к довольно вредным производствам, влияющим на здоровье рабочего персонала и на окружающую среду. Ученые и разработчики сварочных технологий и присадочных материалов в качестве приоритета ставят их экологическую безопасность и минимальное воздействие на рабочее пространство и персонал. Не менее актуальны в сварочном производстве проблемы сокращения и утилизации отходов, повышения объема рециклинга (возвращение отходов в круговорот "производство - потребление") сварных конструкций и изделий после завершения срока их эксплуатации.

6.3.2 Анализ влияния процесса исследования на окружающую среду

Отходами в сварочном производстве являются:

- металлолом черных и цветных металлов и сплавов;
- отработанные абразивные круги;
- мусор от уборки территории;

- промасленная ветошь, картон, полиэтиленовая упаковка и др.

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.

6.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

6.4.1 Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований и обоснование мероприятий по предотвращению ЧС

Работа по прокладке нефтепровода проводится в Новосибирской области с континентально-циклоническим климатом. Природные явления (землетрясения, наводнения, засухи, ураганы и т. д.), в данном районе отсутствуют.

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

Для Сибири в зимнее время года характерны морозы. Достижение критически низких температур приведет к авариям систем теплоснабжения и жизнеобеспечения, приостановке работы, обморожениям и даже жертвам среди населения. В случае переморозки труб должны быть предусмотрены запасные обогреватели. Их количества и мощности должно хватать для того, чтобы работа на производстве не прекратилась.

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

6.4.2 Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть при проведении исследований и обоснование мероприятий по предотвращению ЧС

При проведении исследований наиболее вероятной ЧС является возникновение пожара.

Меры пожарной безопасности и безопасных условий труда определяются исходя из конкретных условий проведения ремонтных работ, при условии строго исполнения действующих норм и правил по пожарной безопасности и охране труда [31].

К огневым работам относятся производственные операции, связанные с применением открытого огня, новообразованием и нагреванием до температуры, способной вызвать воспламенение материалов и конструкций (электрическая и газовая сварка, бензиновая, керосиновая или кислородная резка, кузнечные и котельные работы с применением паяльных ламп и разведением открытого огня).

Огневые работы можно производить только после выполнения всех подготовительных мероприятий, обеспечивающих полную безопасность работ.

При проведении огневых работ рабочие должны быть обеспечены спецодеждой не имеющей следов нефтепродуктов, защитными масками (очками) и другими специальными средствами защиты.

При проведении огневых работ на рабочем месте должны быть размещены первичные средства пожаротушения [30].

В нашем случае участок оборудуется специальными средствами пожаротушения:

- пожарной цистерной с водой (нельзя тушить электроустановки под напряжением, карбида кальция и т.д.) - 2 шт.;

- огнетушитель ОП-5 (порошковый) (для тушения начинающегося пожара твёрдых горючих материалов, легковоспламеняющихся и горючих жидкостей) – 2 шт.;

- огнетушитель углекислотный ОУ-5 (для тушения горючих жидкостей, электроустановок и т.д.) – 2 шт.;

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

В работе рассмотрены вредные и опасные факторы, которые могут возникать при ремонте линейной части магистрального нефтепровода.

Для защиты персонала от поражения электрическим током, воздействия шума, вредных выбрасов и недостаточной освещенности предложены средства колективной и индивидуальной защиты.

Для хранения отходов, обладающих пожароопасными свойствами организуются специальные места хранения исключающие возможность самопроизвольного возгорания.

В перечень рекомендуемых средств пожаротушения входят: пожарная цистерна с водой, огнетушитель ОП-5, огнетушитель углекислотный ОУ-5, ящик с сухим и чистым песком. Данные мероприятия позволят повысить уровень безопасности на сварочных участках по ремонту нефтепровода.

Рабочее место на сварочном участке по ремонту нефтепровода соответствует НТД.

Заключение

В результате выполненной выпускной квалификационной работы был разработан процесс ремонта участка нефтепровода диаметром 1020 мм и толщиной 12 мм ручной дуговой сваркой.

Повышение производительности ремонта достигается применением сварочного инвертора ИСТ-201, который позволяет производить сварку без предварительного размагничивания стыков.

Произведено нормирование процесса сварки показатель штучно-калькуляционном времени сварки между РДС с Р (195 мин) и РДС без Р (170 мин), составляет 25 мин, что в процентном соотношении дает уменьшение времени на 13 %.

Составлена операционная технологическая карта сборки и ручной дуговой сварки покрытыми электродами.

Были подобраны сварочные материалы, рассчитаны режимы сварки и произведен выбор сварочного оборудования.

Проведен технико–экономический анализ процесса сварки стыка нефтепровода диаметром 1020 мм толщиной стенки 12 мм из стали 14ХГС ручной дуговой сваркой с размагничиванием и без него.

По затратам на сварку стыка выгодна РДС без Р, она обходится дешевле на 541 руб, что в процентном соотношении дает снижение затрат на 19 %.

В работе рассмотрены вредные и опасные факторы, которые могут возникать при ремонте линейной части магистрального нефтепровода.

Для защиты персонала от поражения электрическим током, воздействия шума, вредных выбрасов и недостаточной освещенности предложены средства колективной и индивидуальной защиты.

Для хранения отходов, обладающих пожароопасными свойствами организуются специальные места хранения исключающие возможность самопроизвольного возгорания.

В перечень рекомендуемых средств пожаротушения входят: пожарная

цистерна с водой, огнетушитель ОП-5, огнетушитель углекислотный ОУ-5, ящик с сухим и чистым песком.

Данные мероприятия позволят повысить уровень безопасности на сварочных участках по ремонту нефтепровода.

Список использованных источников

1. Лисин Ю. В. Совершенствование методов подготовки и проведения капитального ремонта магистральных нефтепроводов: автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. Техн. наук (05.15.13) / Лисин Юрий Викторович. – Москва, 1999. – 168 с.

2. ГОСТ 20295-85 Трубы стальные сварные для магистральных нефтепроводов. Технические условия.

3. РД-08.00-60.30.00-КТН-050-1-05 – Руководящий документ. Сварка при строительстве и капитальном ремонте магистральных нефтепроводов.

4. ТУ 1381-007-05757848-2005 Трубы стальные электросварные прямошовные наружным диаметром 530-1220 мм.

5. ОТТ-08.00-60.30.00-КТН-013-1-04 Общими техническими требованиями на нефтепроводные трубы большого диаметра.

6. ГОСТ 19281-89. Прокат из стали повышенной прочности. Общие технические условия (с Изменением N 1).

7. Сварка в машиностроении: Справочник. В 4-х т./Ред. С 24 кол.: Г.А. Николаева (пред.) и др. – М.: Машиностроение, 1978 - - Т.1/ Под ред. Н.А. Ольшанского. 1978. 504с., ил.

8. РД 23.040.00-КТН-386-09 Технология ремонта магистральных нефтепроводов и нефтепродуктоводов с давлением до 6,3 МПа.

9. Акулов А.И., Бельчук Г.А. и Демянцевич Е.И. Технология и оборудование сварки плавлением. Учебник для студентов вузов. М., «Машиностроение», 1977. 432с. с ил.

10. РД-153-39.4-056-00. Правила технической эксплуатации магистральных нефтепроводов.

11. ГОСТ 9467-75. Электроды покрытые металлические для ручной дуговой сварки конструкционных и теплоустойчивых сталей. Типы.

12. Корольков П. М. Природа возникновения и методы устранения магнитного дутья при сварке. // Сварочное производство 1998, №5. С 6-8.

13. ГОСТ 16037-80 Соединения сварные стальных трубопроводов. Основные типы, конструктивные элементы и размеры.

14. Расчёт режимов дуговой сварки. Методические указания к курсовому и дипломному проектированию. Изд-во Томского политехнического университета, 2008 - 41 с.

15. Методика определения опасности повреждений стенки труб магистральных трубопроводов по данным обследования внутритрубными дефектоскопами. АК "Транснефть". 1997 г.

16. Методика определения технического состояния магистральных трубопроводов с трещиноподобными дефектами. АК "Транснефть". 1998 г.

17. Порядок определения очередности ремонта дефектов магистральных нефтепроводов по результатам внутритрубной диагностики. ОАО АК "Транснефть". 1.07.99г.

18. РД 38.13.004-86 «Эксплуатация и ремонт технологических трубопроводов под давлением до 10,0 МПа (100 кгс/см^2).

19. РД 153-39.4-130-2002 Регламент по вырезке и врезке "катушек" соединительных деталей, заглушек, запорной и регулирующей арматуры и подключению участков магистральных нефтепроводов.

20. А.Д. Гитлевич и др. Техническое нормирование технологических процессов в сварочных цехах – М: Машгиз,1962.

21. Прокофьев Ю.С. Организация планирование и управлением предприятием: Методические указания к выполнению курсовой работы. – Томск: изд. ТПУ, 1987. – 38с.

22. ГОСТ 12.2.032-78 Система стандартов безопасности труда. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования

23. ГОСТ 12.0.003-2015 Опасные и вредные производственные факторы. Классификация, 2015.

24. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий, 2003.

25. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы, 2003.

26. СанПиН 2.2.4.1191-03 Электромагнитные поля в производственных условиях, 2003.

27. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение, 2016.

28. СН 2.2.4/2.1.8.562–96, Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки, 1996.

29. ГОСТ 12.4.124-83 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Средства защиты от статического электричества. Общие технические требования, 1984.

30. Системы противопожарной защиты. Установки пожарной сигнализации и пожаротушения автоматические, 2009.

31. НПБ 105-03, Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности, 2003.

32. Трудовой кодекс Российской Федерации" от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 05.02.2018).

33. Правила устройства электроустановок. Седьмое издание, 2002.

34. СанПиН 2.2.4.3359-16 Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах.

35. СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.

36. ГОСТ 30494-2011 Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях.

37. ГОСТ 12.1.019–2017 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.

38. ГОСТ 12.1.046-85 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Строительство. Нормы освещения строительных площадок.

39. ГОСТ 12.1.003-2014 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Шум. Общие требования безопасности (Переиздание).

40. ГОСТ 12.1.029-80 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Средства и методы защиты от шума. Классификация.

41. ГОСТ 12.4.051-87 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Средства индивидуальной защиты органа слуха. Общие технические требования и методы испытаний.

42. ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны (с Изменением N 1).

43. СанПиНом 2.2.3.1384-03 «Гигиенические требования к организации строительного производства и строительных работ».

44. Р 3.5.2.2487-09 Руководство по медицинской дезинсекции.

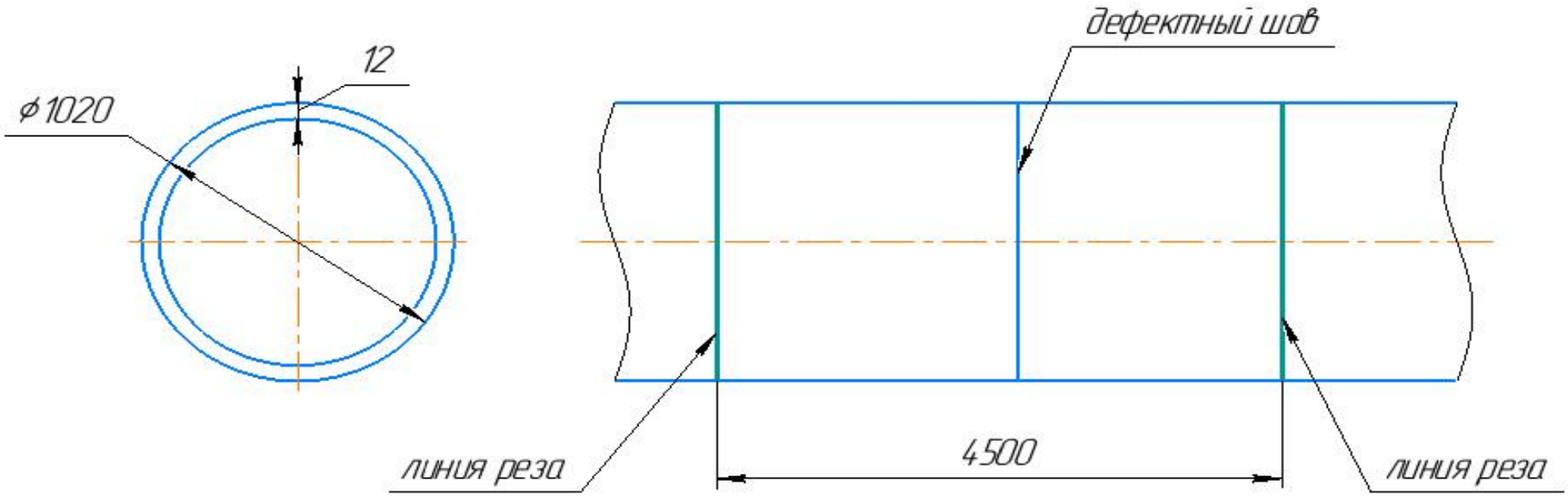
45. СП 31.13330.2012 Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.04.02-84* (с Изменениями N 1, 2, 3, 4).

Приложение А
(обязательное)
Комплект технологической документации

Дубл.			
Взам.			
Подл.			

ГОСТ 3.1105-84 , форма 7

Дубл.														
Взам.														
Подл.														
											ФЮРА.00000.00003		6	1
Разраб.	В.В. Буреев			НИ ТПУ, ИШНКБ Группа 3-1В51		ФЮРА.02000.003					ФЮРА.20190.00001			
Н.контр.	А.С. Киселев			Технологический процесс ремонта магистрального нефтепровода								У		001



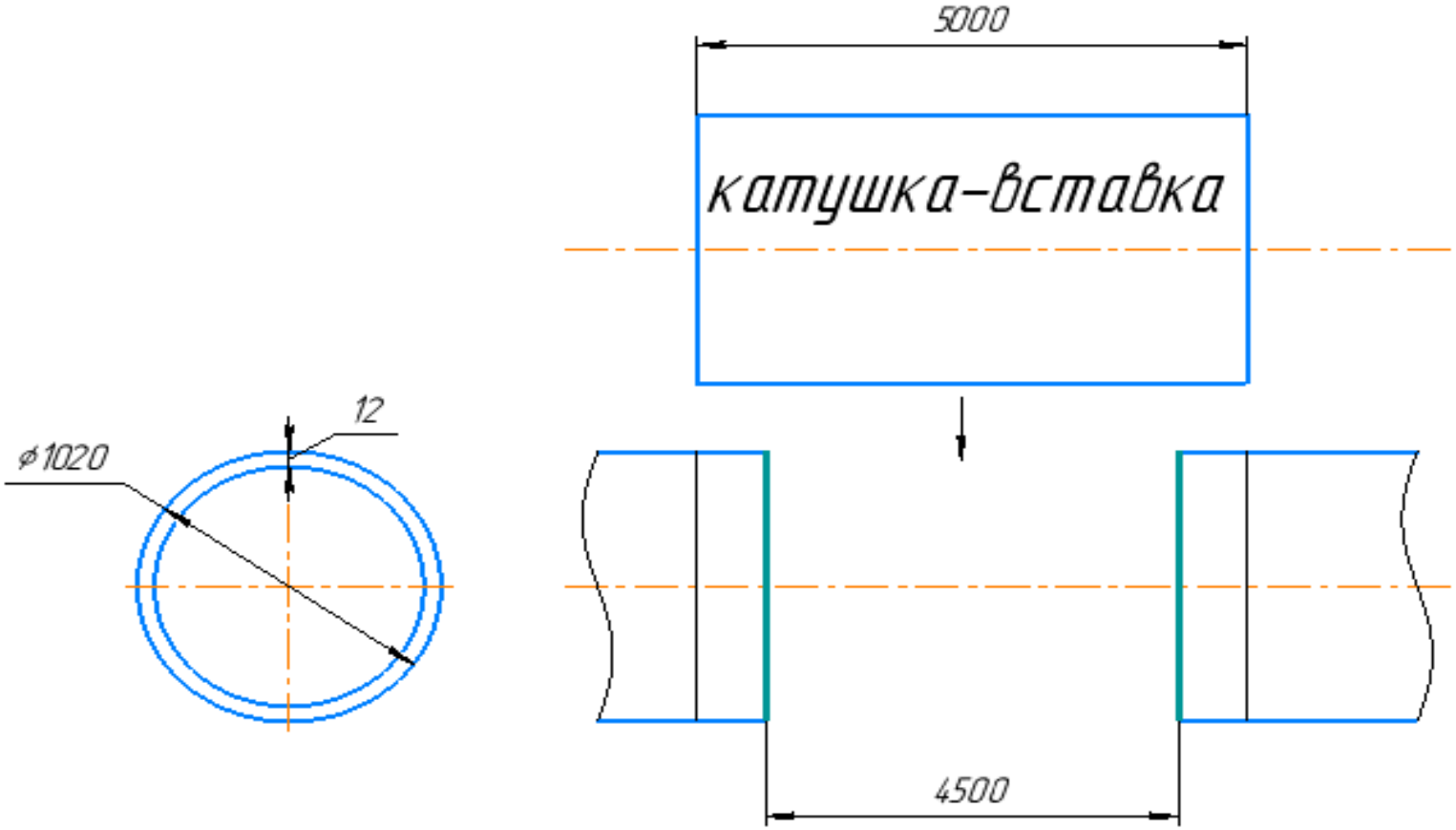
КЭ	Карта эскизов	лист 1

ГОСТ 3.1105-84 , форма 7а

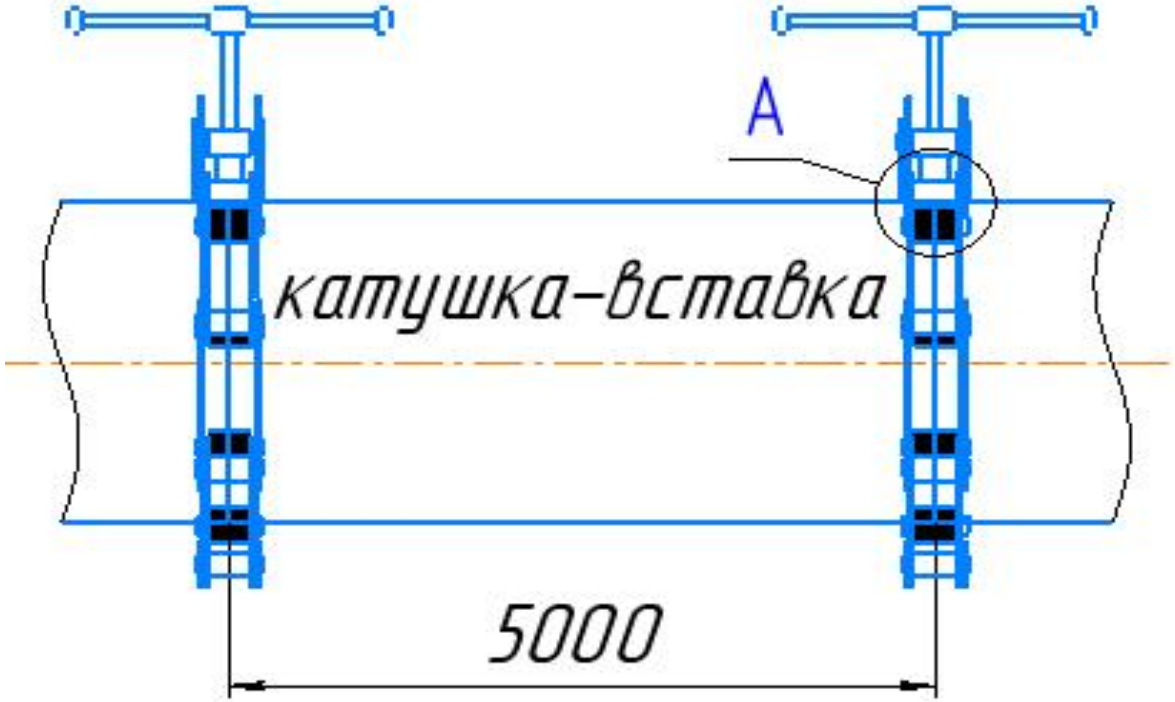
Дубл.			
Взам.			
Подл.			

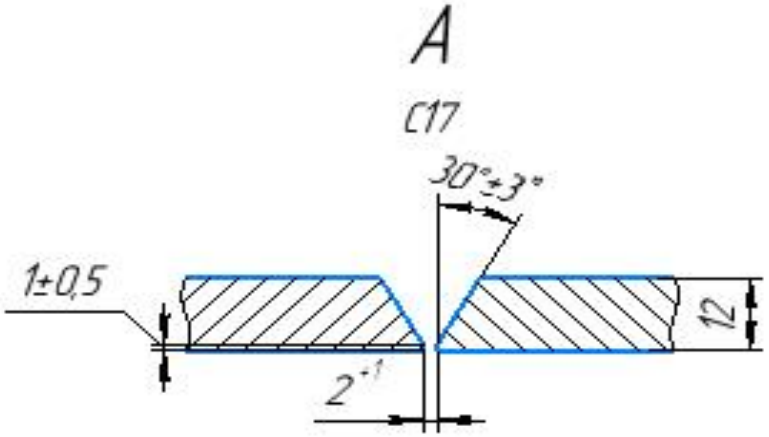
ФЮРА.00000.00003

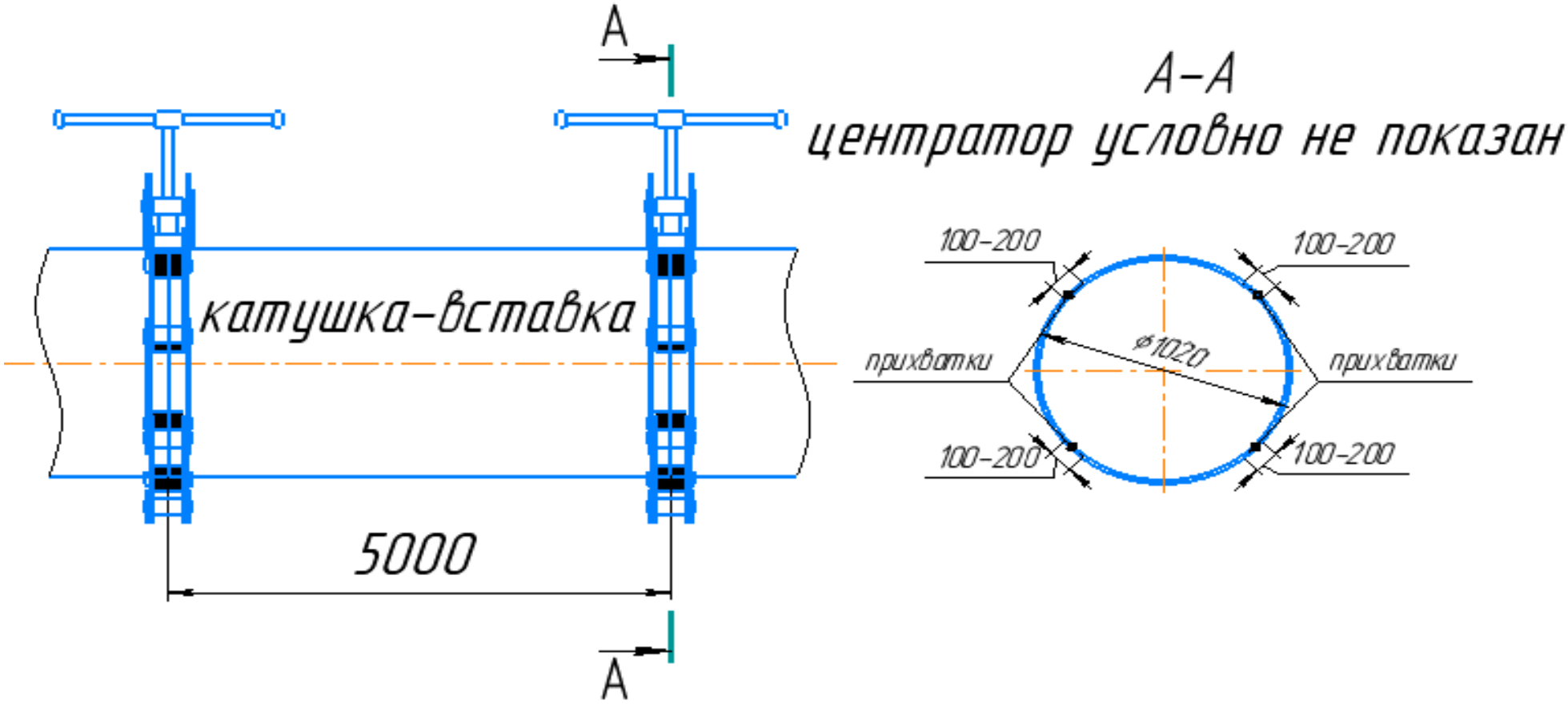
ФЮРА.02000.003	ФЮРА.20190.00002	2



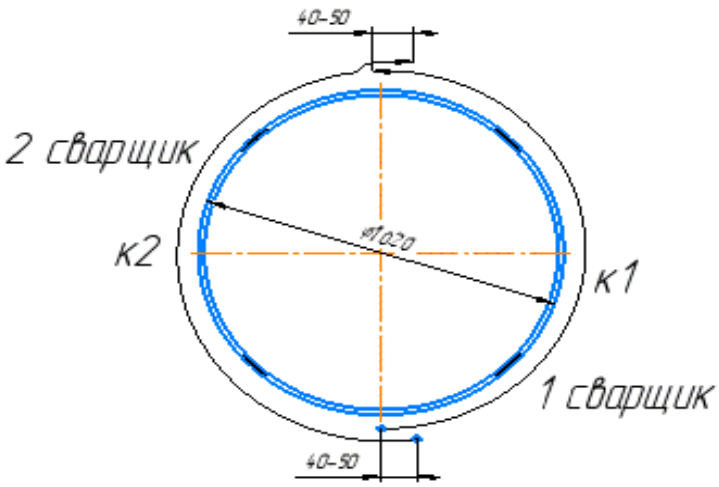
КЭ	Карта эскизов	лист 2

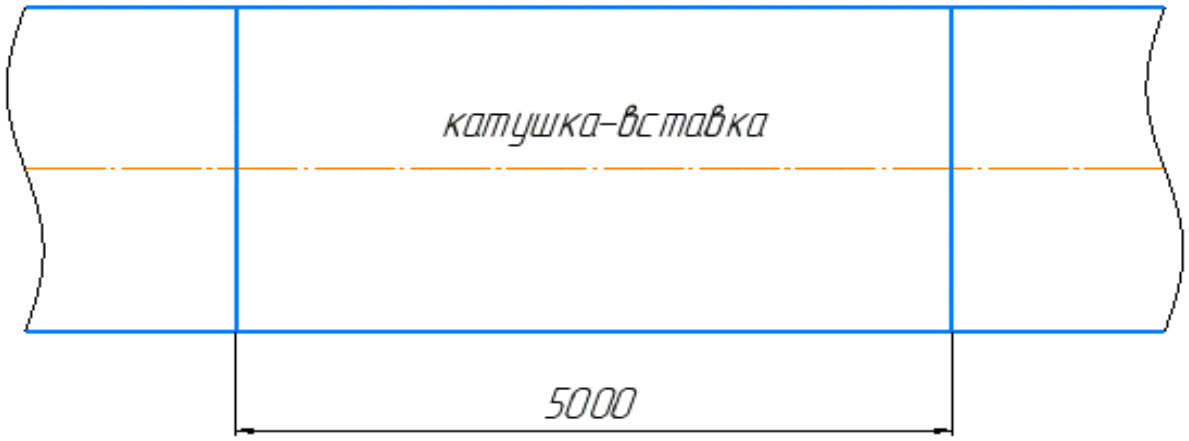

A
катушка-вставка
5000


A
C17
30°±3°
1±0,5
12
2+1


A
A
катушка-вставка
5000
A–A
центратор условно не показан
100-200
100-200
прихватки
ф1020
прихватки
100-200
100-200

Сварка корневого слоя шва



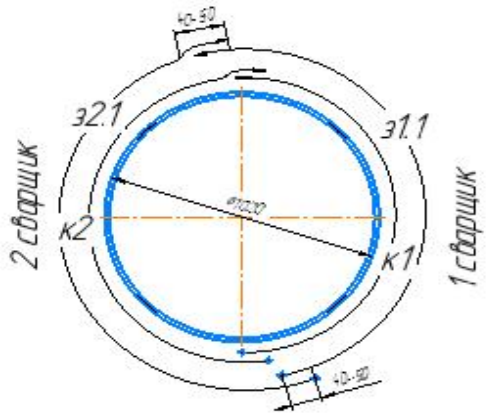


Дубл.			
Взам.			
Подл.			

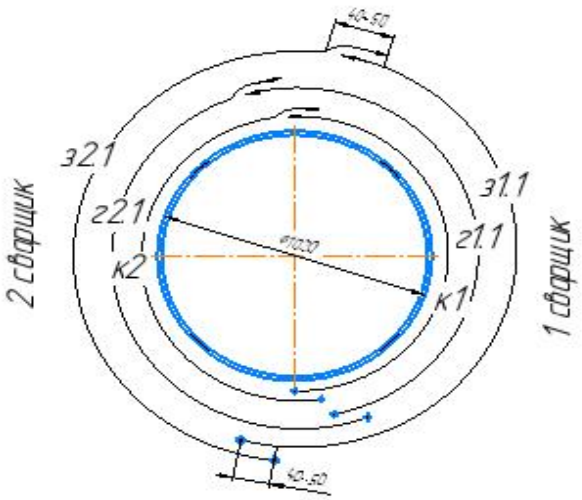
ФЮРА.00000.00003

ФЮРА.02000.003	ФЮРА.20190.00006	6

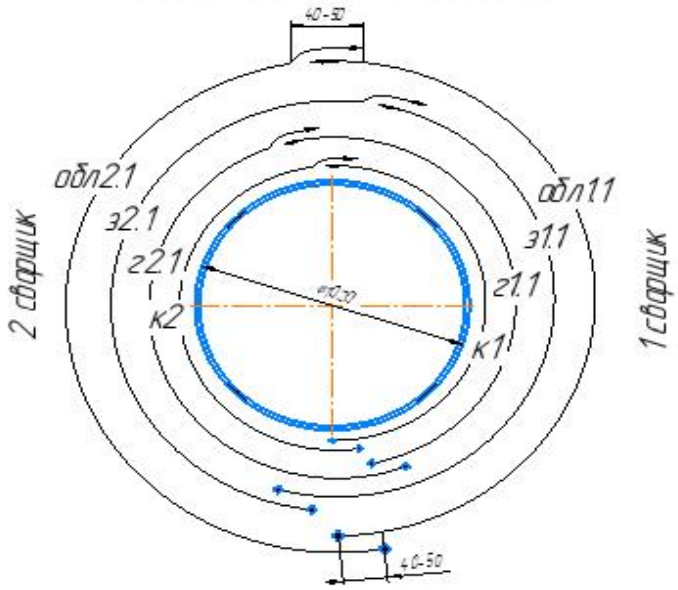
Сварка 1-го заполняющего слоя шва



Сварка 2-го заполняющего слоя шва



Сварка облицовочного слоя шва



Дубл.			
Взам.			
Подл.			

																		4	1

Разраб.	В.В. Буреев			НИ ТПУ, ИШНКБ Группа 3-1В51	ФЮРА.02000.003		ФЮРА.10000.00001
Н.контр.	А.С. Киселев			Ремонт нефтепровода			

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.
А 01	1	1	1	005	Резка											
Б 02	Машина для резки труб, СПК газовая горелка						монтажник									
О 03	1. Вырезать дефектный шов, выдерживая размеры, согласно карте эксизов ФЮРА.20190.00001															
Т 04	Шлифмашинка															
05																
А 06	1	1	1	010	Очистка											
О 07	1. Очистить внутреннюю полость стыкуемых элементов от попавшего грунта, снега и других загрязнений.						монтажник									
Т 08	Скребок, щетка															
09																
А 05	1	1	1	015	Подготовка кромок											
Б 06	Машина для резки труб, СПК газовая горелка, кромкострогальный станок						монтажник									
О 07	1. Осмотреть поверхность и кромки труб и соединительных деталей;															
08	2. Устранить шлифованием на наружной поверхности неизолированных торцов труб царапины, риски, задиры глубиной до 5 %															

МК	Маршрутная карта	лист 7

Дубл.			
Взам.			
Подл.			

2

ФЮРА.02000.003 | ФЮРА.10000.00002

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.
01	3. Вмятины на концах труб глубиной до 3,5 % от диаметра трубы выправить безударным разжимным устройством с обязательным местным подогревом изнутри трубы до 100 – 150 °С независимо от температуры окружающего воздуха.															
02	4. Удалить усиление заводских продольных швов снаружи трубы до величины 0-0,5 мм на участке шириной 10-15 мм от торца трубы.															
03	5 Зачистить до металлического блеска кромки и прилегающие к ним внутреннюю и наружную поверхности труб на ширину не менее 15 мм.															
04	6 Произвести подгонку "катушки" с трубами, согласно карты эскизов ФЮРА.20190.00002															
Т 05	Ультразвуковой толщиномер шаблон сварщика УШС-3, линейка, штангенциркуль, шлифмашинка, термокарандаш															
06																
А 07	1	1	1	015	Сборка											
Б 08	Кромкострогальный станок, ЦНЗ 1020, агрегат сварочный Ranger 305D, инвертор сварочного тока ИСТ-201						монтажник, сварщик									
М 09	Электроды LB 52U Ø3,2 мм, OK 53.70 Ø4,0 мм															
О 10	1 При помощи кромкострогального станка подготовить разделку кромок, согласно карты эскизов ФЮРА.20190.00003															
11	2 Осуществлять сборку на наружнем центраторе ЦНЗ 1020															
12	3 Величина зазора между трубами должна составлять 2,0 – 3,0 мм															
13	4 Смещение наружных кромок не должно превышать 3,0 мм															
14	5 При сборке заводские швы следует смещать относительно друг друга не менее, чем на 100 мм															

Дубл.			
Взам.			
Подл.			

3

ФЮРА.02000.003 | ФЮРА.10000.00003

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.
01	6 Проставлять прихватки, на режимах сварки корневого слоя шва, согласно карты эскизов ФЮРА.20190.00004															
Т 02	Маска сварочная ГОСТ Р 12.4.238-2007, Щетка металлическая, Зубило ГОСТ 7211-86, Молоток ГОСТ 2310-77, УШМ Makita															
03																
А 04	1	1	1	025	Сварка											
Б 05	ЦНЗ 1020, агрегат сварочный Ranger 305D, инвертор сварочного тока ИСТ-201						монтажник, сварщик									
М 06	Электроды LB 52U Ø3,2 мм, OK 53.70 Ø4,0 мм															
О 10	1 Выполнить сварку корневого слоя шва, согласно карты эскизов ФЮРА.20190.00005															
08	2 Наружный центратор может быть удален после выполнения не менее 60 % периметра корневого слоя шва. При этом участки корневого слоя шва должны равномерно располагаться по периметру стыка. После снятия центратора все сваренные участки должны быть зачищены, а их концы обработаны абразивным кругом.															
09																
10																
11	3 Завершить сварку корневого слоя шва. Тщательно зашлифовать абразивным кругом корневой слой шва.															
12	4 Выполнить сварку заполняющего и облицовочного слоев шва, выполняя послойную зачистку от шлака и брызг, согласно карты эскизов ФЮРА.20190.00006															
13																
14	5 Выровнять шлифмашинкой видимые грубые участки поверхности облицовочного слоя шва															
15	Маска сварочная ГОСТ Р 12.4.238-2007, Щетка металлическая, Зубило ГОСТ 7211-86, Молоток ГОСТ 2310-77, УШМ Makita															

МК Маршрутная карта

Дубл.			
Взам.			
Подл.			

4

ФЮРА.02000.003 | ФЮРА.10000.00004

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.
А 01	1	1	1	030	Контроль											
Б 02	Рентгеновский аппарат МАРТ-250, ультразвуковой дефектоскоп УСД-60						дефектоскопист									
О 03	Контролировать сварной шов ВИК, РК и УЗК методами контроля															
Т 04	УШС-3															
05																
06																
07																
09																
10																
11																
12																
13																
14																
15																
16																

МК Маршрутная карта

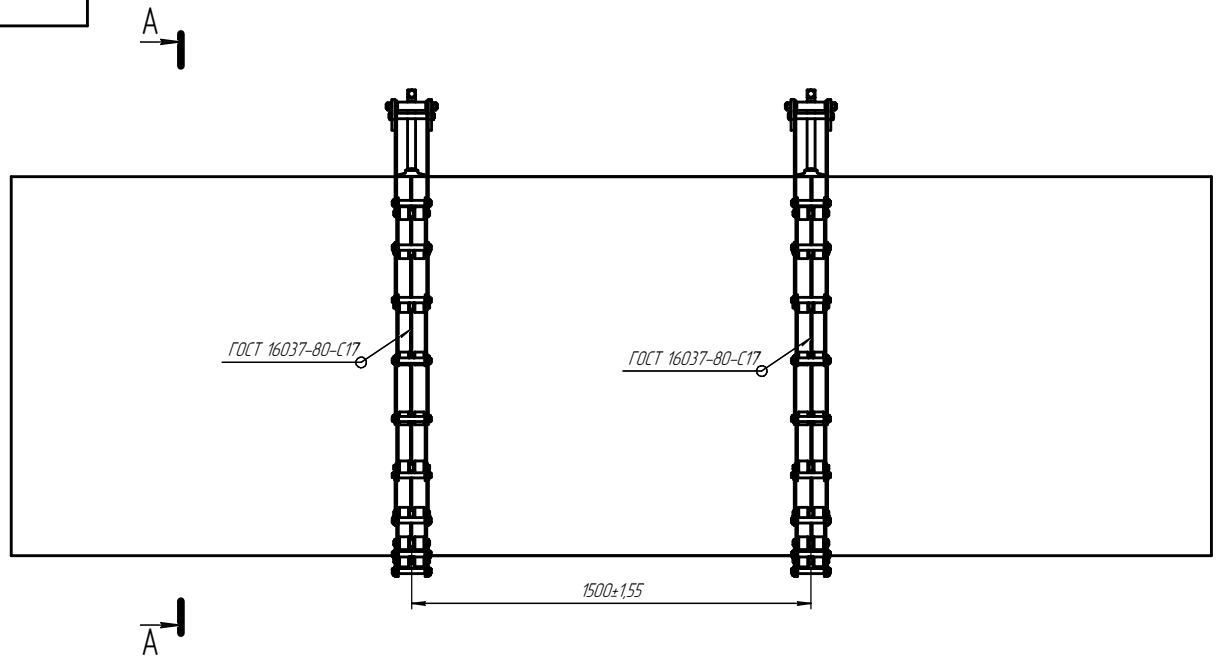
Приложение Б

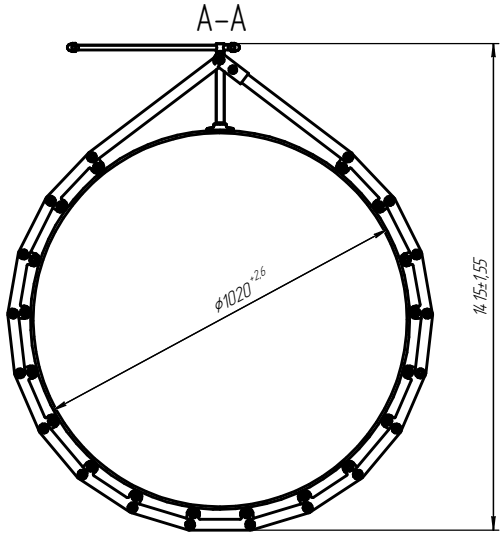
(обязательное)

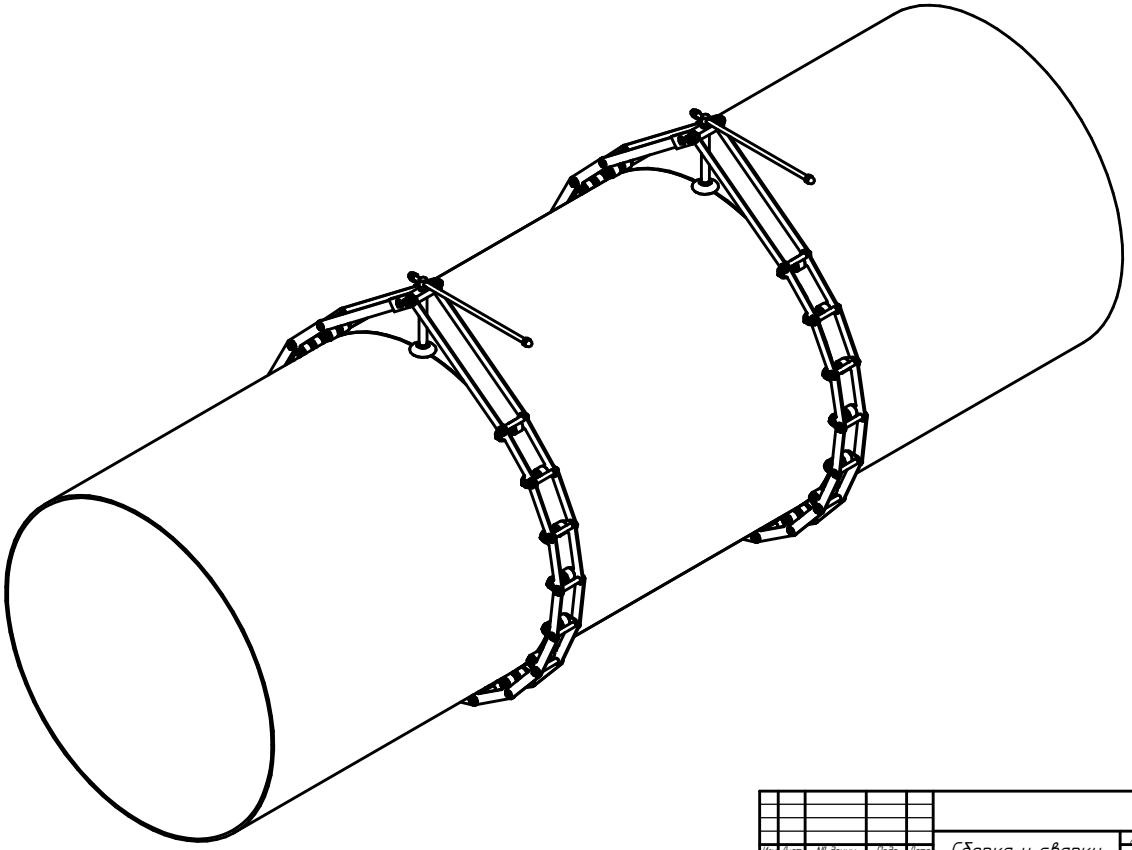
Комплект чертежей

Оглавление

Сборка и сварка катушки нефтепровода	чертеж А1
ЦЗН 142 00.000 СБ Центратор звеньевой наружный	чертеж А2
Сборка катушки на трубе.	3D-модель







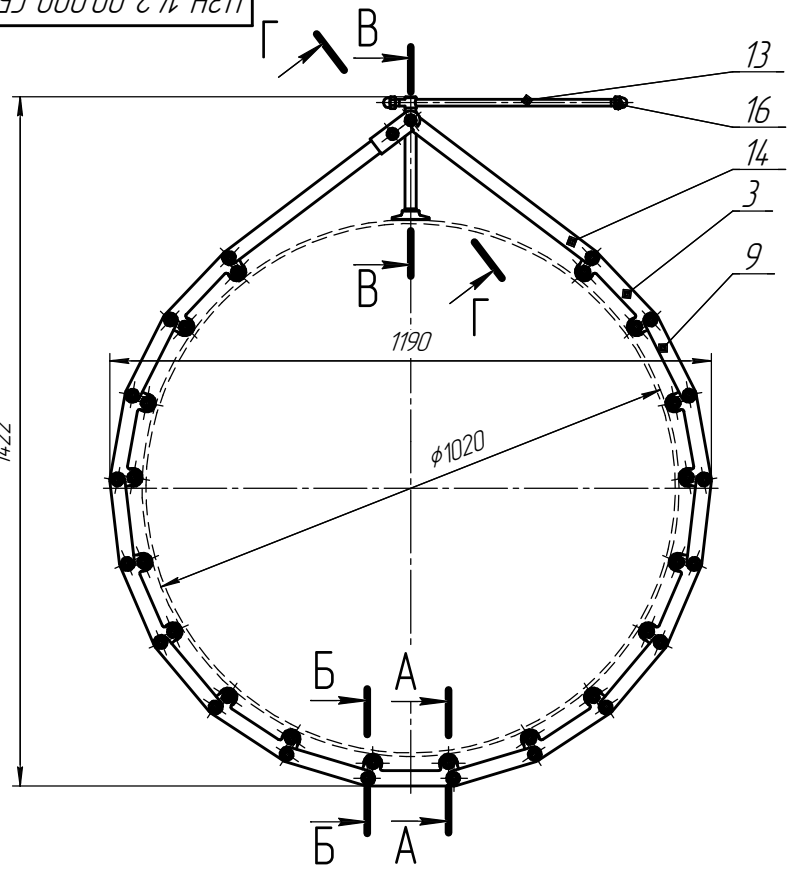
Изм. Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Сборка и сварки катушки нефтепровода	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.	Бурцев В.В.					114,29	1:1
Пров.	Киселев А.С.				Лист	Листов 1	
Т.контр.							
Н.контр.							
Утв.							

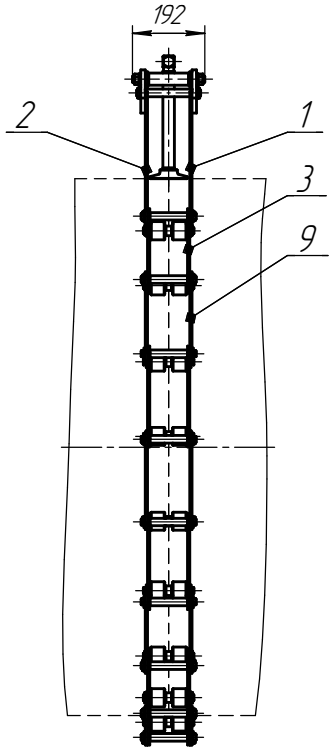
Копировал

Формат А1

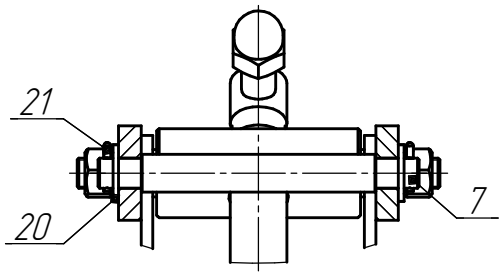
Перв. примен. | Справ. № | Подп. и дата | Инв. № дубл. | Взам. инв. № | Подп. и дата | Инв. № подл.

ЦЗН 14.2 00.000 СБ

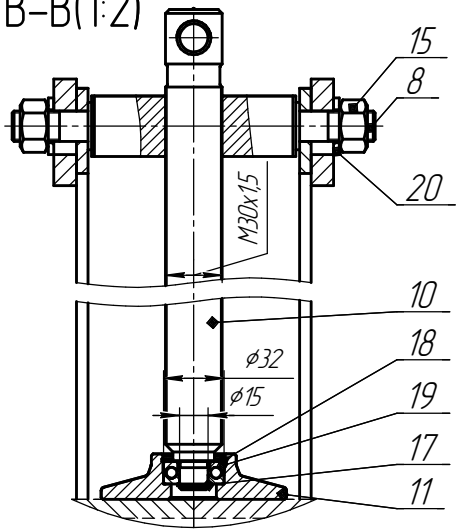




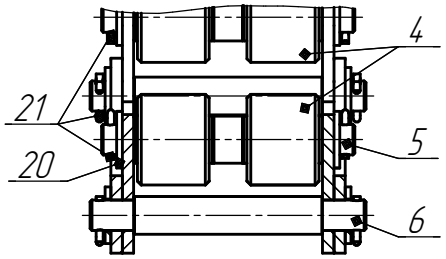
Г–Г(1:2)



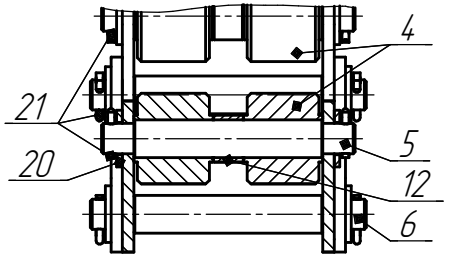
В–В(1:2)



Б–Б(1:2)



А–А(1:2)

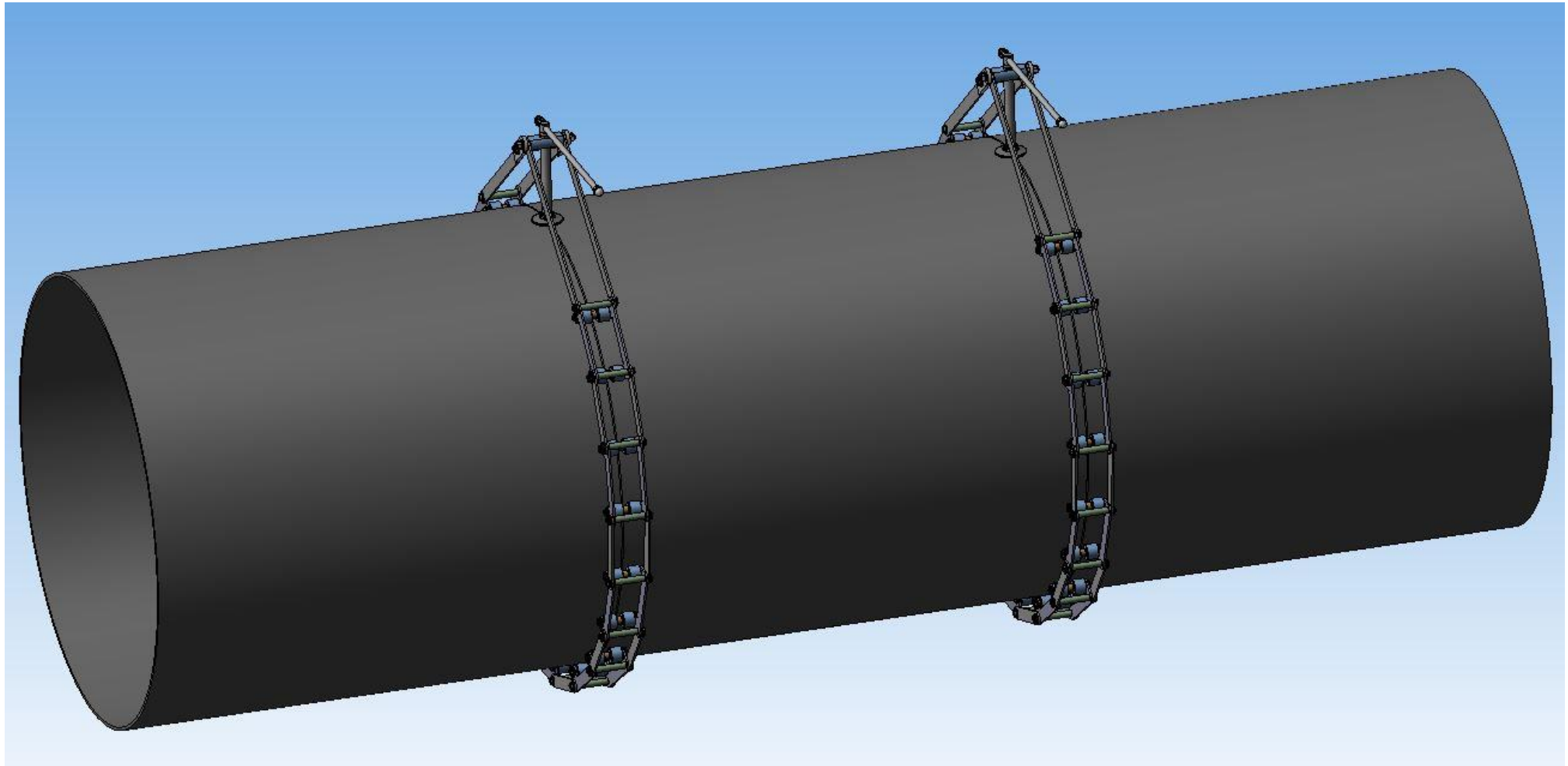


1. Размеры для справок.
2. Перед сборкой подвижные соединения покрыть смазкой ЦИАТИМ 203 ГОСТ 8773-75.

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				Сборочные единицы		
А3		1	ЦЗН 14.2 01.000	Зацеп правый	1	
А3		2	ЦЗН 14.2 02.000	Зацеп левый	1	
				Детали		
А3		3	ЦЗН 00.001	Щека	18	
А4		4	ЦЗН 00.002	Ролик	36	
А4		5	ЦЗН 00.003	Ось	18	
А4		6	ЦЗН 00.003-01	Ось	18	
А4		7	ЦЗН 00.003-02	Ось	1	
А3		8	ЦЗН 00.004	Ось винта	1	
А4		9	ЦЗН 00.005	Тяга	16	
А3		10	ЦЗН 00.006	Винт	1	
А3		11	ЦЗН 00.007	Опора	1	
А4		12	ЦЗН 00.008	Втулка	18	
А4		13	ЦЗН 00.009	Вороток	1	
А4		14	ЦЗН 14.2 00.001	Тяга	2	
				Стандартные изделия		
		15		Кольцо 15.65Г ГОСТ 13942-86	1	
		16		Кольцо 32.65Г ГОСТ 13943-86	1	
		17		Подшипник 8202Н ГОСТ 7872-89	1	

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ЦЗН 14.2 00.000 СБ		
Разраб.		Буреев В.В.			Центратор звеньевой наружный Сборочный чертеж	Лит.	Масса 57,14	Масштаб 1:10
Пров.		Киселев А.С.				Лист	Листов 1
Т.контр.							
Н.контр.							
Утв.							

Перв. примен. | Справ. № | Подп. и дата | Инв. № дубл. | Взам. инв. № | Подп. и дата | Инв. № подл.

Копировал | Формат А2

Сборка катушки на трубе. 3D-модель