

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

Институт физики высоких технологий

Направление подготовки (специальность) 16.03.02 «Высокотехнологические плазменные и энергетические установки»

Кафедра высоковольтной электрофизики и силовоточной электроники

БАКАЛАВАРСКАЯ РАБОТА

Тема работы	
Синергетические эффекты при электроискровой обработке поверхности металлов	
УДК 621.793.044:669.01	

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Т31	Дорошкевич Сергей Юрьевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Научный сотрудник	Журавлев М.В.	Кандидат технических наук		

КОНСУЛЬТАНТЫ

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры МЕН	Рыжакина Т.Г.	Кандидат экономических наук		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент кафедры ЭБЖ	Раденков Т.А.			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Высоковольтной электрофизики и силовоточной электроники	Ратахин Н.А.	Доктор физико-математических наук		

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Код результ ата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<i>Профессиональные компетенции</i>	
P1	Применять естественнонаучные и профессиональные знания в области физики плазмы, плазменно-пучковых и электроразрядных технологий в профессиональной деятельности
P2	Воспринимать, обрабатывать, анализировать и систематизировать научно-техническую информацию, передовой отечественный и зарубежный опыт в области профессиональной деятельности
P3	Применять полученные знания для решения комплексных задач, возникающих при разработке и эксплуатации новой техники и технологий
P4	Разрабатывать, внедрять, эксплуатировать и обслуживать высокотехнологичное оборудование в предметной сфере, обеспечивать его высокую эффективность, соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда, выполнять требования по защите окружающей среды
P5	Владеть методами проведения и планирования аналитических, имитационных и экспериментальных исследований по своей специализации с использованием новейших достижения науки и техники, передового отечественного и зарубежного опыта в области знаний, соответствующей выполняемой работе.
P6	Владеть методами и компьютерными системами проектирования и исследования в области профессиональной деятельности
<i>Общекультурные компетенции</i>	
P7	Использовать базовые и специальные знания естественных, гуманитарных и экономических наук для ведения комплексной инженерной деятельности.
P8	Демонстрировать знание правовых, социальных, экологических и культурных аспектов комплексной инженерной деятельности, компетентность в вопросах охраны здоровья и безопасности жизнедеятельности, приверженность и готовность следовать профессиональной этике и нормам ведения комплексной инженерной деятельности
P9	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
P10	Осуществлять коммуникации в профессиональной среде и в обществе, в том числе на иностранном языке, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты комплексной научно-технической деятельности
P11	Способность самостоятельно применять методы и средства познания, обучения и самоконтроля; осознавать перспективность интеллектуального, культурного, нравственного, физического и профессионального саморазвития и самосовершенствования; уметь критически оценивать свои достоинства и недостатки

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

Институт кибернетики

Направление подготовки (специальность) 16.03.02 «Высокотехнологические плазменные и энергетические установки»

Кафедра высоковольтной электрофизики и силовой электроники

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой

(Подпись) _____ (Дата) Ратахин Н.А.
(Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
4Т31	Дорошкевичу Сергею Юрьевичу

Тема работы:

Синергетические эффекты при электроискровой обработке поверхности металлов

Утверждена приказом директора (дата, номер)

Срок сдачи студентом выполненной работы:

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	- Электроискровая установка для обработки поверхности металлов. - Участок газопровода, подверженный коррозионному растрескиванию под напряжением
---------------------------------	--

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	- Влияние параметров обработки на модификацию поверхностного слоя трубопровода электроискровым методом. - Рассмотрение возможности применения электроискровой обработки как способа борьбы с коррозионным растрескиванием под напряжением поверхности трубопровода
Перечень графического материала	

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Рыжакина Татьяна Гавриловна
Социальная ответственность	Раденков Тимофей Александрович

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Научный сотрудник	Журавлев Михаил Валерьевич	Кандидат технических наук		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Т31	Дорошкевич Сергей Юрьевич		

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



Институт физики высоких технологий

Направление подготовки (специальность) высокотехнологические плазменные и энергетические установки

Уровень образования бакалавр

Кафедра высоковольтной электрофизики и силовоточной электроники

Период выполнения весенний семестр 2016/2017 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:

16.06.2017

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
16.06.2017	...Основная часть	60
13.06.2017	...Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	20
07.06.2017	Социальная ответственность	20

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Научный сотрудник	Журавлев М.В.	к.т.н.		

СОГЛАСОВАНО:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Высоковольтной электрофизики и силовоточной электроники	Ратахин Николай Александрович	Доктор физико–математических наук		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
4ТЗ1	Дорошкевичу Сергею Юрьевичу

Институт	ИФВТ	Кафедра	ВЭСЭ
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	16.03.02 Высокотехнологические плазменные и энергетические установки

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Реализация проекта на базе лаборатории №1 ТПУ В исследовании задействованы 2 человека: руководитель и студент
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	Проект выполняется в соответствии с ГОСТ 14.322-83 «Нормирование расхода материалов» и ГОСТ Р 51541-99 «Энергосбережение. Энергетическая эффективность»
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	Отчисления по страховым взносам – 30 % от ФОТ

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ</i>	– Анализ потенциального рынка и потребителей; – Оценка конкурентоспособности электроискровой обработки газопровода – SWOT- анализ
2. <i>Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет</i>	– Структура работ НТИ – Определение трудоемкости выполнения работ – Разработка графика НТИ – Бюджет НТИ
3. <i>Определение ресурсной, финансовой и экономической эффективности исследования</i>	Расчет интегрального показателя финансовой эффективности научного исследования

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. <i>Оценка конкурентоспособности технических решений</i>
2. <i>Матрица SWOT</i>
3. <i>Календарный план проведения НТИ</i>
4. <i>Диаграмма Ганта «Временные показатели проведения ВКР»</i>
5. <i>Бюджет проекта</i>
6. <i>Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ</i>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры менеджмента	Рыжакина Татьяна Гавриловна	Кандидат экономических наук		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4ТЗ1	Дорошкевич Сергей Юрьевич		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
4ТЗ1	Дорошкевичу Сергею Юрьевичу

Институт	ИФВТ	Кафедра	ВЭСЭ
Уровень образования	бакалавр	Направление/специальность	Высокотехнологические плазменные и энергетические установки

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Описание рабочего места (рабочей зоны, технологического процесса, механического оборудования) на предмет возникновения: – вредных проявлений факторов производственной среды (метеоусловия, вредные вещества, освещение, шумы, вибрации, электромагнитные поля, ионизирующие излучения) – опасных проявлений факторов производственной среды (механической природы, термического характера, электрической, пожарной и взрывной природы) – негативного воздействия на окружающую природную среду (атмосферу, гидросферу, литосферу) – чрезвычайных ситуаций (техногенного, стихийного, экологического и социального характера)	Основное рабочее оборудование-электроискровая установка по обработке металлов. Установка находится в помещении закрытого типа с естественной вентиляцией воздуха. Помещение имеет как искусственный, так и естественный источник освещения. Вредные факторы производственной среды: повышенный уровня шума, микроклимат, недостаточное освещение рабочего помещения, уровень электромагнитного и ионизирующего излучения. Опасные факторы: электрический ток, повышенная температура поверхностей оборудования, сосуды с повышенным давлением. Негативное влияние на окружающую среду: бытовые отходы, аргон Чрезвычайные ситуации: пожар
2. Перечень законодательных и нормативных документов по теме	СН 2.2.4/2.1.8.562-96; СанПиН 2.2.4.1191-03; ГОСТ Р 12.1.019– 2009; СанПиН2.2.4.548-96; ПБ 10–115–96; СП 52.13330.2011

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности: – физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой; – действие фактора на организм человека; – приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); – предлагаемые средства защиты (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства)	При нахождении на рабочем месте в процессе трудовой деятельности уровень звукового давления со среднегеометрической частотой 500 Гц не должен превышать 73 дБ. Выполнение данного требования обеспечивается частичным затуханием звуковых колебаний в закрытой рабочей камере. При нахождении на рабочем месте всю смену напряженность электрического поля не должна превышать 5кВ/м, напряженность магнитного поля не более 8 кА/м при магнитной индукции менее 100 мкТл. Защита обеспечивается значением применяемого напряжения, экранированием металлическими стенками рабочей камеры и расстоянием между оператором и источником электромагнитного поля.
2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности – механические опасности (источники, средства защиты); – термические опасности (источники, средства	Источником термической опасности является рабочий электрод, держатель электрода, обрабатываемый образец. Средством защиты является закрытая рабочая камера. Источником электрической опасности

защиты); – <i>электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты);</i> – <i>пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения)</i>	выступает статическое электричество, высокое напряжение. Электробезопасность осуществляется в соответствии с ГОСТ Р 12.1.019– 2009. Средствами защиты выступают изоляция токоведущих частей, защитное заземление, зануление, электрическое разделение сети и т.д.
3. Охрана окружающей среды: – <i>защита селитебной зоны</i> – <i>анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы);</i> – <i>анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы);</i> – <i>анализ воздействия объекта на литосферу (отходы);</i> – <i>разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.</i>	Воздействовать на окружающую среду могут бытовые отходы (части электронных устройств и т.д.). Для утилизации можно воспользоваться услугами «Ведущей утилизирующей компанией» в Томске.
4. Защита в чрезвычайных ситуациях: – <i>перечень возможных ЧС на объекте;</i> – <i>выбор наиболее типичной ЧС;</i> – <i>разработка превентивных мер по предупреждению ЧС;</i> – <i>разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС;</i> – <i>разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий</i>	Наиболее вероятная ЧС для объекта исследования– пожар. Для предотвращения и предупреждения ЧС необходимы устройства сигнализации, датчики загазованности и дыма. В процессе эксплуатации объекта персонал обязан соблюдать технику безопасности. При возникновении ЧС персонал обязан следовать плану эвакуации и вызвать пожарную службу.
5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: – <i>специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</i> – <i>организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны</i>	Право на условия труда, отвечающие требованиям безопасности и гигиены. Использование оборудования и мебели согласно антропометрическим факторам.

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ассистент каф. ЭБЖ	Раденков Тимофей Александрович			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Т31	Дорошкевич Сергей Юрьевич		

Реферат

Выпускная квалификационная работы содержит 54 страницы машинописного текста, 19 таблиц, 18 рисунков, 1 список использованных источников из 14 наименований.

Ключевые слова: ИСКРОВОЙ РАЗРЯД, ЭЛЕКТРОИСКРОВАЯ ОБРАБОТКА, ЭЛЕКТРОИСКРОВАЯ УСТАНОВКА, ПАРАМЕТРЫ ЭЛЕКТРОИСКРОВОЙ ОБРАБОТКИ, КОРРОЗИЯ, ТРУБОПРОВОД, СТРЕСС – КОРРОЗИЯ, ПОПЕРЕЧНЫЙ ШЛИФ.

Объектом исследования является электроискровая обработка поверхности металлов

Цель работы – Определение параметров электроискровой обработки для борьбы с микротрещинами и повышение коррозионной стойкости поверхности.

В данной работе совершены опыты по обработке поверхности газопровода, подверженного стресс – коррозии, с помощью электроискровой установки. Определены параметры обработки для заглавления микротрещине и повышения коррозионной стойкости поверхности металла.

Данные исследования могут применяться для подбора режима электроискровой обработки, а также при применении электроискрового метода как способа борьбы со стресс – коррозией поверхности трубопроводов.

Глоссарий

Деаэрация	Удаление кислорода и других газов из среды
Искровой разряд	Нестабильный сконцентрированный в пространстве электрический разряд с большой силой тока
Коррозия	Физико-химическое или химическое взаимодействие между металлом (сплавом) и средой, приводящее к ухудшению функциональных свойств металла (сплава), среды или включающей их технической системы.
Поперечный шлиф	Специально подготовленный образец для анализа его структуры
Стресс – коррозия	Явление хрупкого разрушения при одновременном воздействии коррозионной среды и растягивающих напряжений
Электроискровая обработка	Способ обработки металлов при непосредственном воздействии искрового разряда на поверхность

Обозначения и сокращения

КРН – коррозионное растрескивание под напряжением

Содержание	
Глоссарий	10
1. Введение	13
2. Обзор литературы	15
2.1 Защита трубопроводов от коррозии.....	15
2.2 Дефекты изоляционного покрытия	16
2.3 Стресс – коррозия	17
2.4 Борьба со стресс – коррозией	18
3. Описание установки	20
4. Принцип действия установки.....	23
5.Методика проведения исследования.....	24
6. Экспериментальная часть.....	27
6.1 Обработка отрицательной полярностью	27
6.2 Обработка положительной полярностью	31
6.3 Комбинированный режим обработки.	34
7. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	38
7.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	38
7.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования	38
7.1.2 Анализ конкурентных технических решений.....	39
7.1.3 SWOT-анализ	40
7.2. Планирование научно-исследовательских работ.....	42
7.2.1. Структура работ в рамках научного исследования	42
7.2.2. Определение трудоемкости выполнения работ.....	44
7.2.3 Разработка графика проведения научного исследования.....	46
7.2.4 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)	48
7.2.4.1 Расчет материальных затрат НТИ.....	48
7.2.4.2. Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	49
7.2.4.3. Основная заработная плата исполнителей темы	50

7.2.4.4	Дополнительная заработная плата	51
7.2.4.5	Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)....	52
7.2.4.6	Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта	53
7.3.	Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	54
8.	Социальная ответственность	57
8.1.	Введение.....	57
8.2.	Техногенная безопасность	58
8.3.	Повышенное значение напряжения в электрической цепи	58
8.4.	Уровень статического электричества	58
8.5.	Повышенная температура частей оборудования и обрабатываемых материалов	59
8.6.	Повышенный уровень шума	59
8.7.	Повышенный уровень электромагнитных полей и излучений	59
8.8.	Микроклимат на производственном помещении	60
8.9.	Недостаточная освещенность рабочей зоны.....	61
8.10.	Сосуды с повышенным давлением	61
8.11.	Организационные мероприятия обеспечения безопасности.....	62
8.12.	Безопасность в чрезвычайных ситуациях	62
9.	Заключение.....	64
	Список использованных источников	65

1. Введение

В настоящее время газовая промышленность занимает существенное место в российской экономике. На территории Российской Федерации сосредоточена треть мировых запасов природного газа, добыча которого в основном осуществляется в восточной части страны. Для удобства транспортировки создана система газоснабжения, включающая в себя газопроводы, компрессорные станции, хранилища ресурса и месторождения. Существует множество проблем транспортировки горючего топлива по магистралям. Во первых, необходимо подготовить сам газ: осушка и очистка от ненужных включений (гелий, сероводород); во вторых, нужно создать высокое давление, порядка 75 атмосфер для транспортирования газа по магистрали. По мере продвижения топливо теряет свою кинетическую энергию за счет трения о стенки трубопровода и трения между слоями газа, которое рассеивается в виде тепла. Исходя из этого, возникает необходимость строительства компрессорных станций, которые дожимают газ до необходимого давления и охлаждают его [1]. В местах соединения трубопровода с компрессорной станцией за счет механического напряжения, вызванного высоким давлением и воздействием агрессивной среды, происходит коррозия поверхности трубопровода. Следствием коррозии являются трещины, размер которых составляет от десятков микрон до нескольких миллиметров. Вероятнее всего трещины появляются вблизи сварных швов. Коррозия трубопроводов приводит к большим денежным затратам, так по оценке Всемирной организации по борьбе с коррозией, общемировые потери на борьбу с коррозией составляют 2,2 трлн долл., доля России от этой суммы является немалой: общая протяженность трубопроводов по стране составляет более 1 млн км [2].

Для решения проблемы необходим способ, позволяющий прекратить рост трещин и образование новых, не влияющий на окружающую среду, и имеющий при этом возможность локальной обработки, потому что коррозия

проявляется в определенных местах (вблизи сварных швов, места с поврежденной изоляцией трубы). Была предложена идея воздействия на корродированную поверхность искровым разрядом. Электроискровая обработка металлов способна локально воздействовать на материал при атмосферном давлении и с отсутствием вредных для окружающей среды веществ, что соответствует ранее перечисленным требованиям.

Целью выполнения выпускной квалификационной работы является Определение параметров электроискровой обработки для борьбы с микротрещинами и повышение коррозионной стойкости поверхности.

2. Обзор литературы

2.1 Защита трубопроводов от коррозии

В связи с пагубным воздействием окружающей среды на металлические поверхности, необходимо обеспечивать постоянную защиту трубопроводов от корродирования.

Существует четыре вида защиты трубопроводов от коррозии [3]

- 1) пассивная защита
- 2) применение коррозионностойких труб
- 3) снижение агрессивности окружающей среды
- 4) активная защита

Пассивная защита предполагает изолирование поверхности металла трубы от окружающей среды. Это достигается с помощью специальных методов укладки, таких как коллекторная прокладка трубопровода, и защитных материалов: эмалей, мастик, пластмасс. Коррозионностойкие трубы получают путем легирования стальной трубы металлом, который менее подвержен коррозии. Таким способом получено множество коррозионностойких сплавов, однако высокая стоимость этих материалов ограничивает широкое применение данного способа. Третий способ подразумевает под собой удаление из окружающей среды агрессивных компонентов. Примером может служить деаэрация грунта, его нейтрализация по кислотнo-щелoчному уровню и гидрофобизация. Также производится специальная засыпка или замена определенных участков на менее агрессивный грунт. Активной защитой считаются действия, направленные на применение электрических потенциалов. Так при катодной защите трубопроводу придается такой отрицательный потенциал, что процесс разрушения, обусловленный термодинамической неустойчивостью, не происходит. Распространено использование протектора – более электроотрицательного металла, который корродирует вместо основной конструкции и является расходным материалом.

Основным способом является пассивная защита, которая относительно недорогостоящая, не оказывает влияния на ближайшие металлические объекты, в отличие от активной защиты, где возникновение блуждающих токов приводит к быстрому разрушению незащищенных металлических конструкций, и не имеет вредных для среды химических соединений.

2.2 Дефекты изоляционного покрытия

Существует множество причин возникновения дефектов изоляционного покрытия, наличие которых обеспечивает увеличение скорости коррозии. Дефекты могут появляться, начиная с хранения и транспортировки до назначенного места укладки. Часто изоляционные ленты наносят на трубопровод вблизи места укладки, что является причиной возникновения дефектов при неправильном нанесении как самой изоляции, так и грунтовки на трубопровод. Влага, пыль, несоответствующие правилам нанесения метеоусловия, приводят к плохой адгезии липких полимерных лент. Большое количество дефектов образуется при укладочных работах и засыпке трубопровода, потому что удары об откосы траншеи, воздействие твердых комьев и камней на дне могут стать причиной появления механических повреждений изоляции, появления складок и растяжения на некоторых участках. После укладки в траншею трубопровод подвергается различным деформациям, которые вместе с действием активных составляющих грунтов приводят к разрушению изоляционного покрытия и дальнейшему корродированию металла.

На основании рассмотренных возможных дефектов можно вынести следующие требования к изоляционным покрытиям: гидрофобность, хорошая адгезия к металлу, химическая стойкость к агрессивной среде, механическая прочность, недефицитность и экономичность относительно защищаемого объекта. В настоящее время для изолирования трубопроводов применяют полимерные ленточные покрытия, битумные и битум полимерные мастики, полимерные термоусаживающиеся ленты.

2.3 Стресс – коррозия

При наличии дефектов изоляционного покрытия может возникать общая, язвенная и стресс–коррозия[4]. Развитие первых двух видов коррозии останавливается при использовании электрохимической защиты. К тому же имеются способы и приборы, позволяющие по утечке защитного тока обнаружить места развития общей и язвенной коррозии. Со стресс – коррозией ситуация гораздо сложнее.

Под стресс – коррозией или коррозионным растрескиванием под напряжением (КРН) подразумевается явление хрупкого разрушения при одновременном воздействии коррозионной среды и растягивающих напряжений [5]. КРН возникает на внешней поверхности трубопровода и представляет собой группы трещин, расположенных параллельно оси трубы. Трещины могут проникать на разную глубину от сотен микрон до нескольких миллиметров. Стресс-коррозия составляет значительную долю от всех существующих причин разрушения нефтегазопроводов, однако полного понимания причин и механизма ее появления до сих пор нет. Ясно лишь то, что данный вид коррозии происходит в местах, где стенка трубы контактирует с грунтовыми водами и при этом находится под большим механическим напряжением. Трещины часто расположены около сварных швов, это можно объяснить тем, что зона перехода сварного шва к основному металлу является слабой по причине одновременного действия нескольких факторов: механическая, структурная и геометрическая неоднородность, максимальные остаточные деформации и концентрация напряжений. На рисунке 1 приведено поперечное сечение образца газопровода, на котором видны трещины, образованные вследствие КРН.

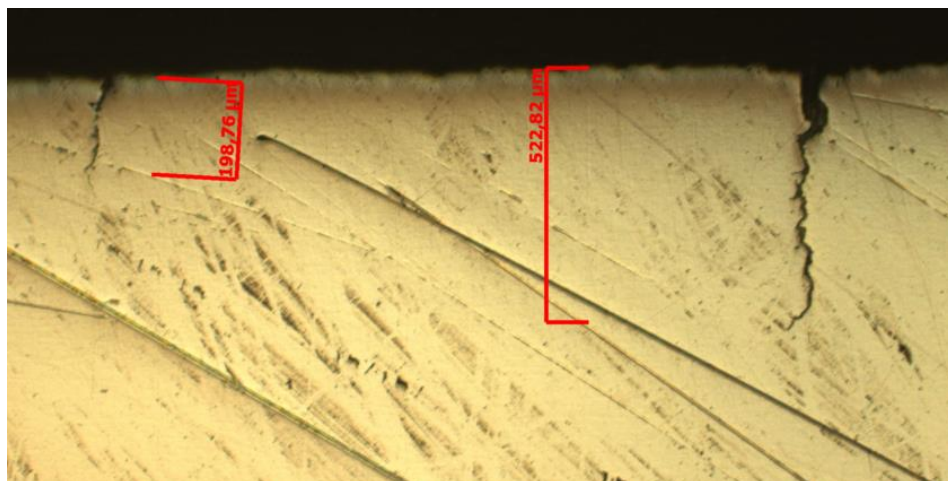


Рисунок 1– Поперечное сечение образца газопровода

Данная коррозия наблюдается через десятки лет после укладки магистрали, однако существующие методы борьбы являются дорогостоящими.

2.4 Борьба со стресс – коррозией

На данный момент существует несколько способов борьбы с КРН. Традиционное решение – вырезка дефектного участка газопровода. При реализации данного способа происходят денежные потери на простой трубопровода, стравливание газа с заменяемого участка, стоимость материала, оплата труда и т.д. Суммарные расходы на вырезку одного километра газопровода примерно составляет 1,5 млн р. Предложен более дешевый способ защиты проблемного участка газопровода, подразумевающий под собой установку дополнительной станции катодной защиты, обеспечивающей более равномерное распределение падения потенциала. Затраты на установку дополнительной станции катодной защиты составляют 285 тыс. р по ценам 2011 года [6]. Данный способ не устраняет результаты коррозии, а только предотвращает ее дальнейшее развитие. Существует метод применения полимерного рукава, который вводится в полость газопровода, при этом остановка подачи газа не происходит и стравливание большого объема газа не производится. Рукав восстанавливает герметичность и способность противостоять газопроводу внешним

нагрузкам. Недостатками данного метода являются сложность внедрения полимерного рукава в полость трубы и долгое затвердевание композита [7].

В данной работе рассматривается возможность борьбы с результатами КРН при помощи электроискровой обработки поверхности. электроискровая установка позволяет локально воздействовать на материал при атмосферном давлении с отсутствием вредных для окружающей среды веществ. Данный способ обработки не требует больших денежных затрат.

3. Описание установки

Экспериментальная установка, разработанная в Лаборатории №1 при Национальном исследовательском томском политехническом университете, предназначена для электроискровой обработки металлических поверхностей (рисунок 2).

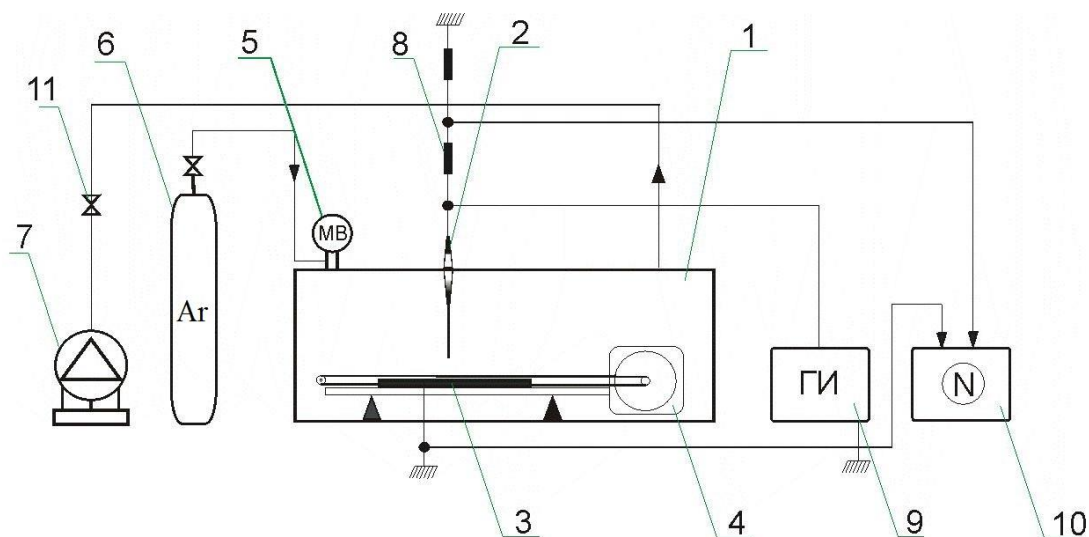


Рисунок 2– Структурная схема экспериментальной установки

- 1 – рабочая камера; 2 –электрод – инструмент; 3 – металлический столик;
4 – шаговый двигатель; 5 –мановакуумметр ;6 – баллон с газом;
7 – насос вакуумный НВР-5Д; 8 –делитель напряжения;
9 –генератор импульсов; 10 –осциллограф; 11 – вакуумный кран

Схема состоит из следующих единиц:

- Газовое хозяйство
- Вакуумный насос
- Рабочая камера
- Генератор электрических импульсов

Устройство (состав) узлов схемы:

- *Газовое хозяйство*

Содержит газовый баллон с аргоном и азотом, систему напуска и откачки газовой смеси.

- *Вакуумный насос*

Представляет собой вакуумный двух ступенчатый пластинчатороторный насос НВР-5Д.

- *Рабочая камера*

Корпус изготовлен из нержавеющей стали. Объем камеры 0.5 м^3 . В камере размещается электродная система (2), движущийся металлический столик (3). Камера имеет крышку из оргстекла ПММА (полиметакрилат) с уплотнителем и два смотровых окна. Камера вакуумируется и заполняется аргоном или азотом до атмосферного давления.

- *Генератор импульсов*

Представляет собой высоковольтный импульсный генератор. Функциональная схема представлена на рисунке 3.

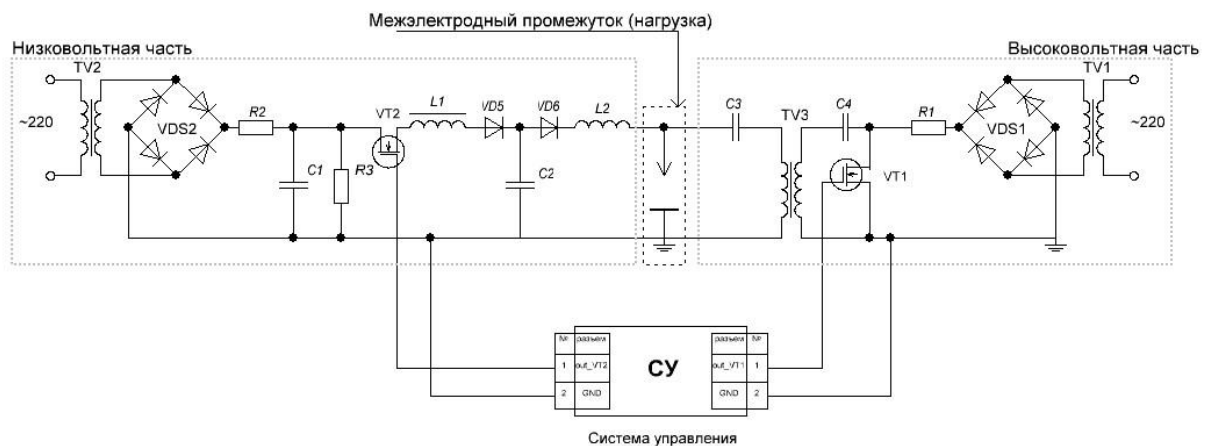


Рисунок 3— Функциональная схема генератора импульсов

Данный генератор состоит из двух основных частей: высоковольтной части, предназначенной для пробивания межэлектродного промежутка (нагрузка), и низковольтной части, предназначенной для подачи дополнительной энергии в образованный искровой канал после срабатывания высоковольтной части. В состав генератора входит система управления вторичным источником питания и высоковольтной частью схемы.

Высоковольтная часть генерирует импульс напряжения длительностью 1 мкс, амплитудой напряжения 12 кВ и энергией 0,01 Дж для пробоя межэлектродного промежутка и образования начального искрового канала. Низковольтная – для передачи основной энергии для обработки в промежутке.

4. Принцип действия установки

От питания сети 220В через трансформатор TV1, служащий главным образом для гальванической развязки электроискровой установки от сети, напряжение выпрямляется на диодном мосте и прикладывается к емкости C4, которая начинает заряжаться. При этом транзистор VT1 заперт. В это же время от питания сети через трансформатор TV3 и диодный мост прикладывается напряжение к конденсатору C1. После зарядки C1 система управления подает сигнал на открытие транзистора VT2. Открытие транзистора замыкает контур C1-VT2-L-VD3-C2, в результате происходит заряд емкости C2 до напряжения $2 \cdot U(C1)$. Емкость C3 препятствует прохождению тока через трансформатор TV2. Далее система управления закрывает транзистор VT2 и отпирает VT1. Замыкается контур VT1-C4-TV2. В этот момент емкость C4 разряжается через образованный контур на трансформатор TV2 и напряжение возрастает до 12кВ. C3 выбирается таким образом, чтобы обеспечить беспрепятственное прохождение высоковольтного импульса к межэлектродному промежутку. Усиленное напряжение 12кВ пробивает разрядный промежуток, создавая искровой канал, имеющий малое сопротивление порядка 1Ом. После этого конденсатор C2 отдает свою энергию в промежуток через образованный канал. Происходит обработка образца искровым разрядом с повышенной энергией.

5.Методика проведения исследования

Для проведения исследования действия искрового разряда на поверхность газопровода необходим образец подходящего размера, который бы не преувеличивал линейные размеры столика в рабочей камере и позволял выставить необходимый разрядный промежуток. В опытах использовались образцы с размерами 16×16×10 мм (длина× ширина× высота). В рабочей камере размещен столик из дюралюминия, который перемещается с помощью шаговых двигателей в двух измерениях (длина, ширина). Электрод – инструмент, сделанный из вольфрама и представляющий острие, закреплен в специальном держателе и находится неподвижно. Обрабатываемый образец располагается на столике под острием, после чего устанавливается величина разрядного промежутка с помощью металлических пластин разной толщины. Пластина с толщиной, соответствующей величине необходимого разрядного промежутка, кладется на образец; ослабляется винт регулирования высоты держателя, и острие опускается до соприкосновения с пластиной. После чего винт затягивается и убирается металлическая пластина. В итоге между образцом и острием получается необходимое расстояние. На системе управления движения столиком, которая соединена с шаговыми двигателями с помощью экранированного кабеля, устанавливаются размеры (длина и ширина) обрабатываемого участка, скорость и шаг перемещения столика. Далее окно рабочей камеры закрывается боковой крышкой из оргстекла с помощью шпилек и металлических гаек. Производится откачка объема рабочей камеры до давления порядка 200 мТорр. Контроль за давлением в камере осуществляется при помощи стрелочного мановакуумметра, расположенного на верхней крышке рабочей камеры, и теплового вакуумметра с термопарным преобразователем. После откачки камеры до необходимого давления, вакуумный насос отключается, и происходит напуск аргона (азота), являющегося рабочей средой горения разряда, до атмосферного давления в камере. Запускается система управления движением столика, шаговые

двигатели начинают работать, и столик движется с установленной скоростью в определенных пределах рабочей камеры. Одновременно с этим включается система управления генератором в частотный режим, обеспечивая генерирование искровых разрядов. При этом достигается перемещение и обработка образца относительно острия с необходимой скоростью. На рисунке 4 приведена схема движения электрода относительно образца.

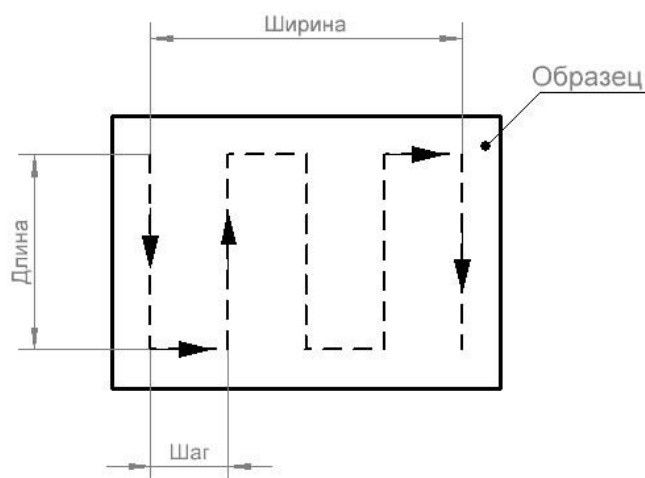


Рисунок 4 – Схема движения электрода – инструмента относительно образца

При обработке образца оператор наблюдает за током и напряжением горения разряда на экране осциллографа. Для определения параметров тока в разрядную цепь последовательно подключен шунт сопротивлением 0,125 Ом, представляющий из себя бифилярную конструкцию для уменьшения индуктивности. Для определения напряжения в схему подключен делитель параллельно разрядному промежутку, сделанный из низкоиндуктивных резисторов марки ТВО и имеющий коэффициент деления 50. Делитель напряжения служит для защиты осциллографа от кратковременного высоковольтного сигнала 12кВ, который создается высоковольтным блоком для первоначального пробоя разрядного промежутка.

По окончании заложенной обработки столик возвращается в свое начальное положение. После выключается частотный режим и отключается от сети

система управления вместе с генератором. В связи с длительной обработкой, и, как вследствие с большой температурой, необходимо подождать несколько минут перед извлечением образца из камеры для его остывания. После обработки выполняется процедура создания шлифа образца. Создание поперечного шлифа выполнялось в 3 этапа:

- 1) Выравнивание поверхности
- 2) Шлифование
- 3) Полировка

Выравнивание поверхности производилось на станке с наждачным кругом. Для удобства образец фиксировался в части стального трубопроката эпоксидным. В процедуре шлифования использовались наждачные бумаги с разным размером зерна. При смене бумаги от более грубой к менее, изменялся угол шлифования на 90 градусов. Для удаления после шлифования оставшихся рисок производилась полировка поверхности образца на войлочном круге с добавлением воды и оксида хрома.

После полировки образец подвергался травлению четырех процентным раствором азотной кислоты с целью выявления структуры поверхности. Для наблюдения микроструктуры использовался металлографический микроскоп, способный делать снимок поверхности. В конечном итоге полученные снимки сохранялись для анализа сделанной обработки.

6. Экспериментальная часть

Получение разных результатов обработки в электроискровой установке достигается с помощью изменения таких параметров как:

- Полярность электрода
- Энергия импульса
- Длительность импульса

Полярность электрода – инструмента при функциональной схеме (рисунок 3) менялась путем подключения потенциального провода либо к электроду, либо к образцу. В модифицированной схеме (рисунок 14) – при использовании двух конденсаторов с разной полярностью. Энергия импульса обеспечивается емкостным накопителем С2 (рисунок 3), установленным в низковольтной части установки. Благодаря наличию конденсаторов с разными номиналами возможна следующая вариация емкости накопителя: 10 мкФ, 30мкФ, 40мкФ. Длительность импульса задается емкостью накопителя и индуктивностью разрядного контура.

6.1 Обработка отрицательной полярностью

Для устранения следствия КРН (микротрещин) на образце газопровода при обработке электрод – инструмент имел отрицательную полярность. Электрод – инструмент изготавливался из стальной проволоки марки 09Г2С (по составу близкому к составу стали образца). Во время обработки идет эрозия электрода – инструмента, частицы электрода оседают на образце, находящимся под положительным потенциалом. При этом возможно оседание частиц внутри трещин. При воздействии искрового разряда, а, следовательно, и высокой температуры, частицы металла могут расплавиться между стенками трещин. При данной обработке заплавление трещины не происходит (рисунок 5). На поверхности образца образовался налет коричневого цвета. Предположительно состоящего из оксида железа, образовавшегося вследствие взаимодействия частиц железа с остаточным

кислородом в газовой среде камеры. Налет имеет плохую адгезию с поверхностью образца и легко удаляется механическим путем.

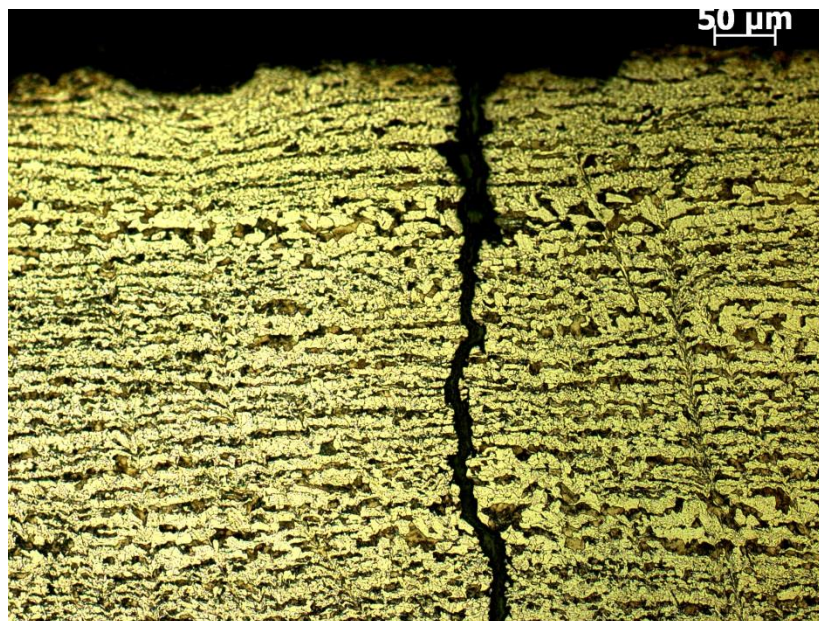


Рисунок 5 – поперечный шлиф образца, при отрицательной полярности
стального электрода.

Заменили стальной электрод – инструмент вольфрамовым, так как вольфрам способен сделать поверхность образца более коррозионностойкой. При обработке и эрозии электрода частицы вольфрама оседали на поверхности образца. При помощи растрового электронного микроскопа был сделан снимок поперечного сечения (рисунок 6) и поверхности образца с вольфрамом (рисунок 7). Налет вольфрама легко удаляется при механическом воздействии на него.

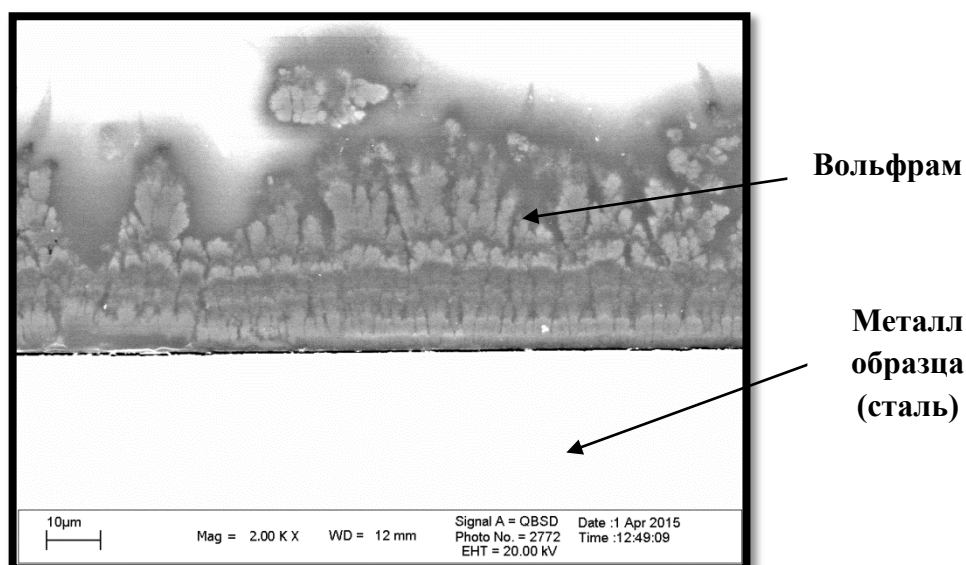


Рисунок 6 – Поперечный сечение образца с нанесенным вольфрамом

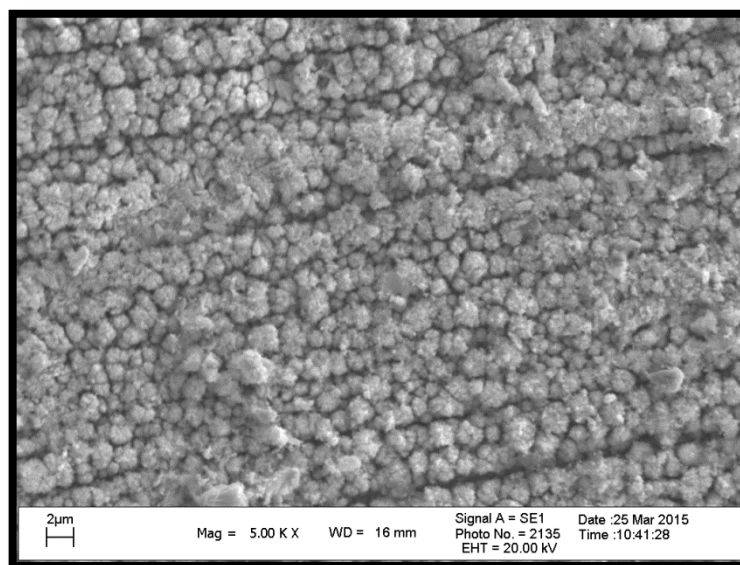


Рисунок 7 – Вид сверху слоя вольфрама на поверхности

Для обработки использовался азот, вследствие чего на поверхности образуется нитрид вольфрама, который улучшает коррозионную стойкость и упрочняет материал. Наличие на поверхности нитридов показывает дефрактограмма обработанного образца (рисунок 8).

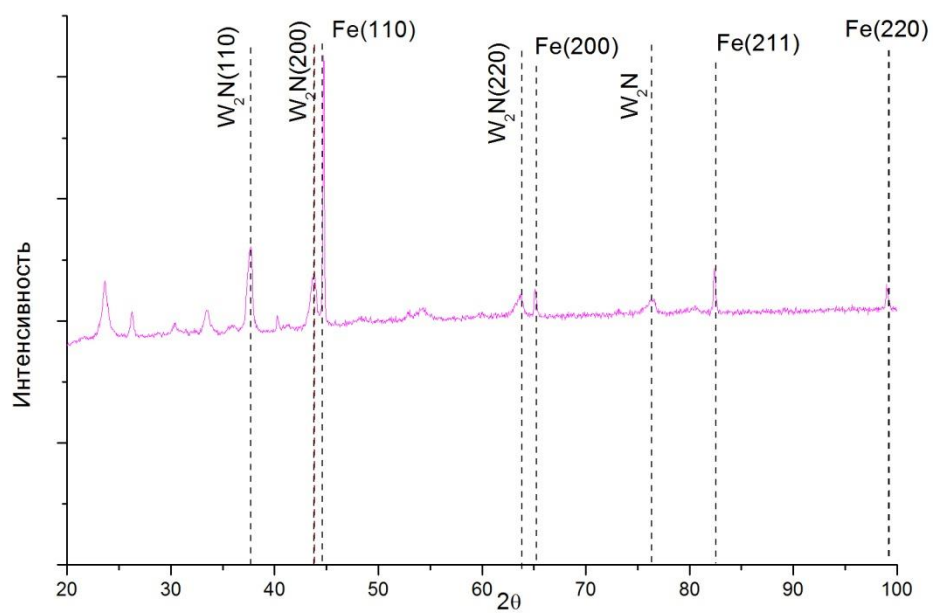


Рисунок 8 – Дефрактограмма поверхности образца, обработанного отрицательной полярностью

Недостатками обработки при отрицательной полярности являются уменьшение размеров электрода (рисунок 9) и отсутствие заплавления трещины.

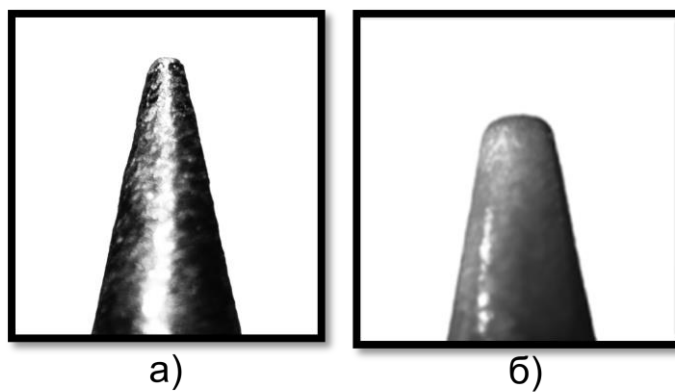


Рисунок 9 – Вольфрамовый электрод
а) до обработки б) после обработки

6.2 Обработка положительной полярностью

Для определения параметров обработки, при которой происходит заплавление трещины, использовалась положительная полярность электрода – инструмента. При данной полярности не происходит эрозия электрода, на трещину воздействует разряд без легирования поверхности и осаждения налета. Для заплавления трещины необходимо, чтобы во время действия разряда часть поверхности успела перейти в жидкую фазу. Это можно достигнуть с помощью определенной длительности импульса или высоким значением амплитуды тока. Постепенно увеличивая амплитуду тока, с помощью установки большей накопительной емкости (таблица 1), производилась обработка в стационарном режиме в течение двух минут. Накопительную емкость осуществляет конденсатор С2 (рис.3). С максимальной емкостью 40 мкФ не произошло заплавление трещины.

Таблица 1 параметры разряда без индуктивности

Накопительная емкость, мкФ	Длительность имп., мкс	Энергия в имп. Дж	Амплитуда тока, А
10	20	0,1156	34
30	35	0,3468	48
40	45	0,4624	48

Для достижения поставленной задачи увеличили длительность импульса с помощью установки индуктивности дополнительной индуктивности L2 (рис3) в разрядный контур. Был рассчитан по формуле 1 и намотан дроссель с индуктивностью 160 мкГн [8].

$$L = \frac{\pi}{4} \mu_0 w^2 \frac{d^2}{a} K_a \quad (1)$$

где w- количество витков;

μ_0 - магнитная постоянная;

d - диаметр соленоида;

$a=l/d$ (l - длина соленоида);

K_a - поправочный коэффициент, зависящий от a .

Длительность импульса при разной накопительной емкости показана в таблице 2.

Таблица 2 параметры разряда с индуктивностью

Накопительная емкость, мкФ	Длительность имп., мкс	Энергия в имп. Дж	Амплитуда тока, А
10	125	0,1156	8
30	250	0,3468	12
40	275	0,4624	12

При статической обработке трещины в течение двух минут с установленным дросселем 160 мкГн и межэлектродным промежутком 0,5 мм происходит заплата трещины на глубину порядка 50 мкм (рисунок 10). На рисунке 11 представлена фотография вида сверху образца с заплавленной трещиной. Для обработки использовался конденсатор емкостью 30 мкФ, обеспечивающий энергию в импульсе 0,3468 Дж

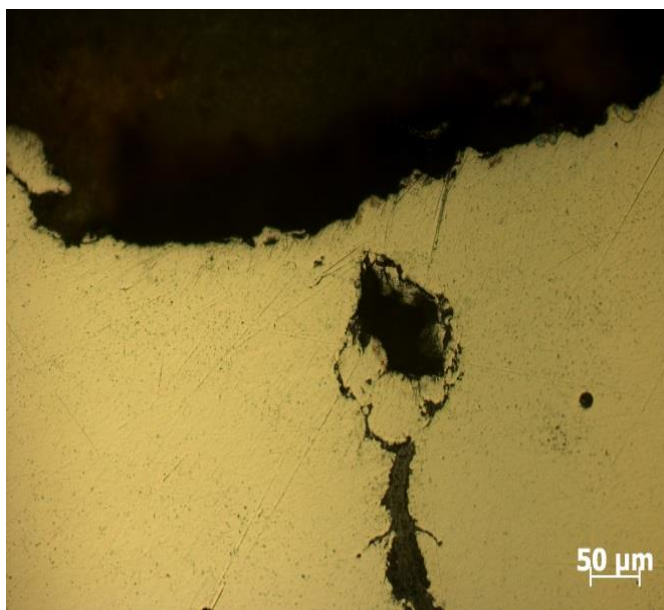


Рисунок 10 – Поперечное сечение заплавленной трещины

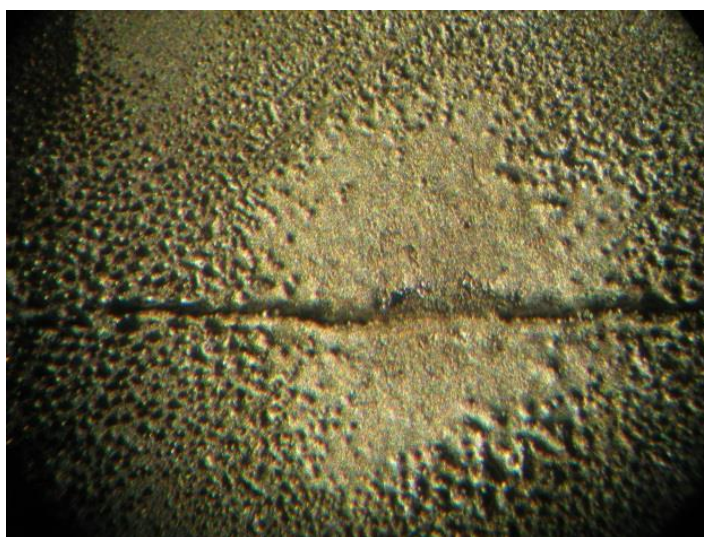


Рисунок 11 – Заплавленная трещина

При дальнейшем увеличении энергии импульса с помощью установки емкости 40 мкФ глубина заправки трещины не увеличивается. Таким образом наиболее подходящий режим осуществляется с длительностью импульса 250мкс, емкостью 30 мкФ и энергией в импульсе 0,3468 Дж.

Ниже приведены осциллограммы тока и напряжения импульса при одинаковой энергии с установленной индуктивностью (рисунок 12) и без нее (рисунок 13)

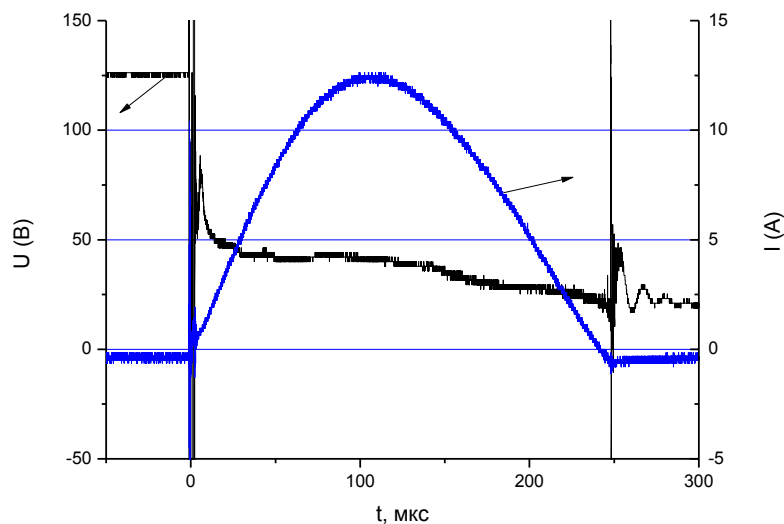


Рисунок 12 – Осциллограмма искрового разряда с энергией 0,3468 Дж с дополнительной индуктивностью

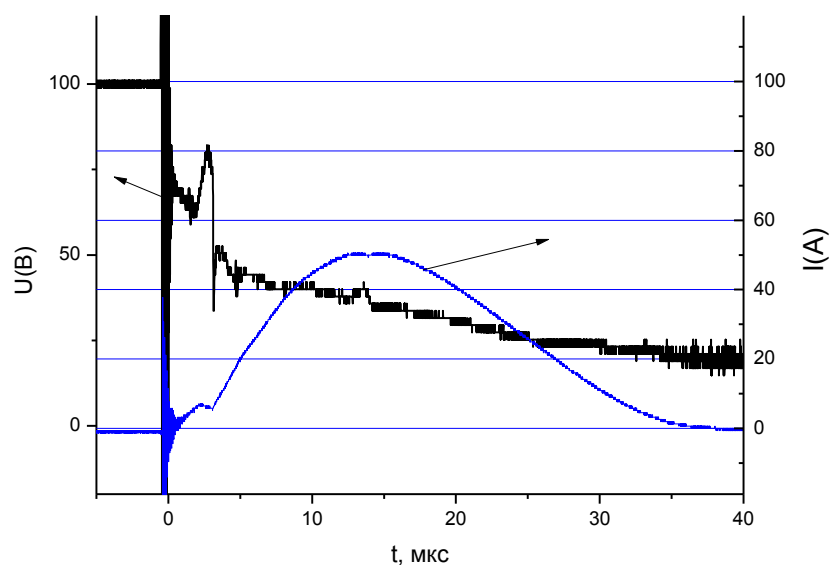


Рисунок 13 – Осциллограмма искрового разряда с энергией 0,3468 Дж без дополнительной индуктивности

6.3 Комбинированный режим обработки.

По причине того, что положительная полярность позволяет только заплавить трещину, а отрицательная – повысить коррозионную стойкость поверхности, была модифицирована схема генератора (рисунок 14). Модифицированная

схема позволяет соединить два режима обработки в один. Для этого в низковольтную часть установили два конденсатора, которые заряжаются разной полярностью при помощи трансформатора со средней точкой. Поочередное подключение конденсаторов к разрядному промежутку осуществляется транзисторами.

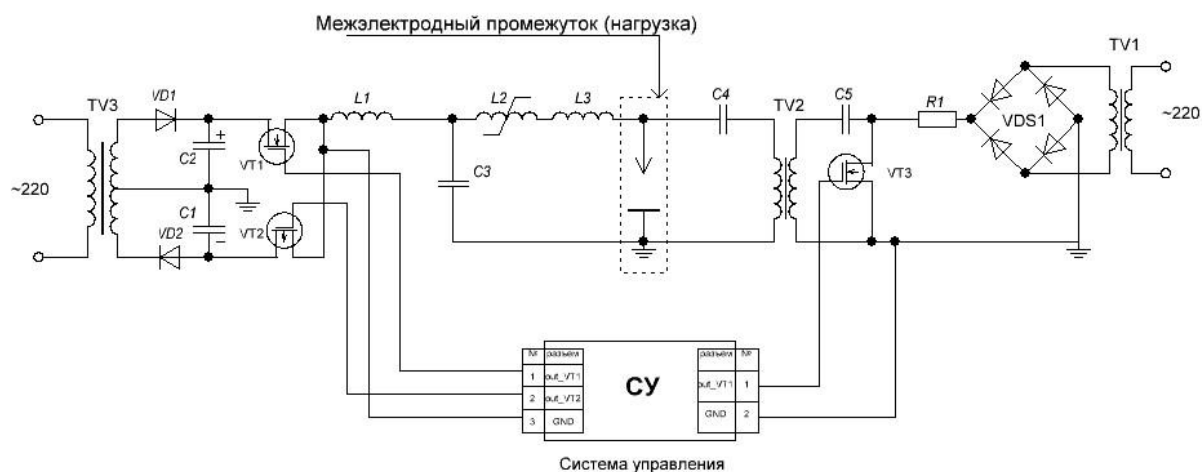


Рисунок 14 – Модифицированная схема генератора для комбинированного метода обработки

Суть данного метода заключается в следующем: вначале при отрицательной полярности острия происходит нагрев поверхности и осаждение вольфрама. Затем при положительной, за счет дополнительного воздействия температуры, происходит заплавление трещины. Вместе с этим частицы вольфрама сильнее связываются с металлом образца и больше проникают вглубь. При комбинированном методе обработки глубина заплавления трещины увеличилась на 30% (рисунок 15)

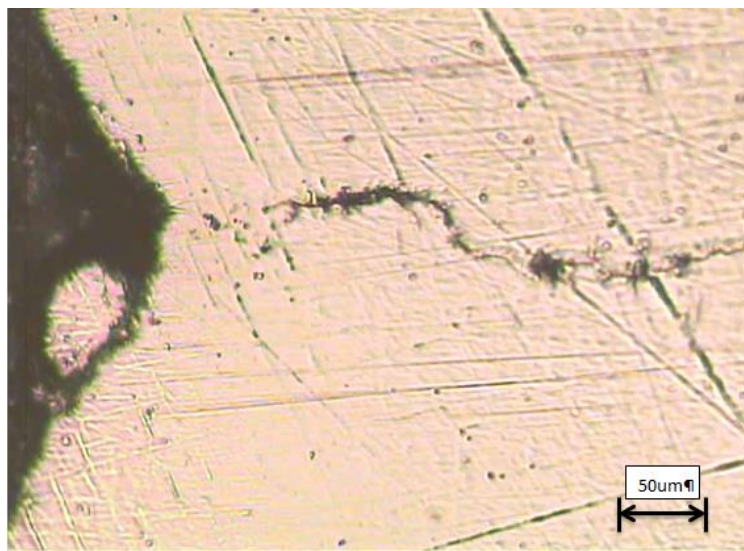


Рисунок 15 – Поперечное сечение образца, обработанного комбинированным методом

Благодаря использованию в роли рабочего газа азота происходит образование нитрида вольфрама (рисунок 16).

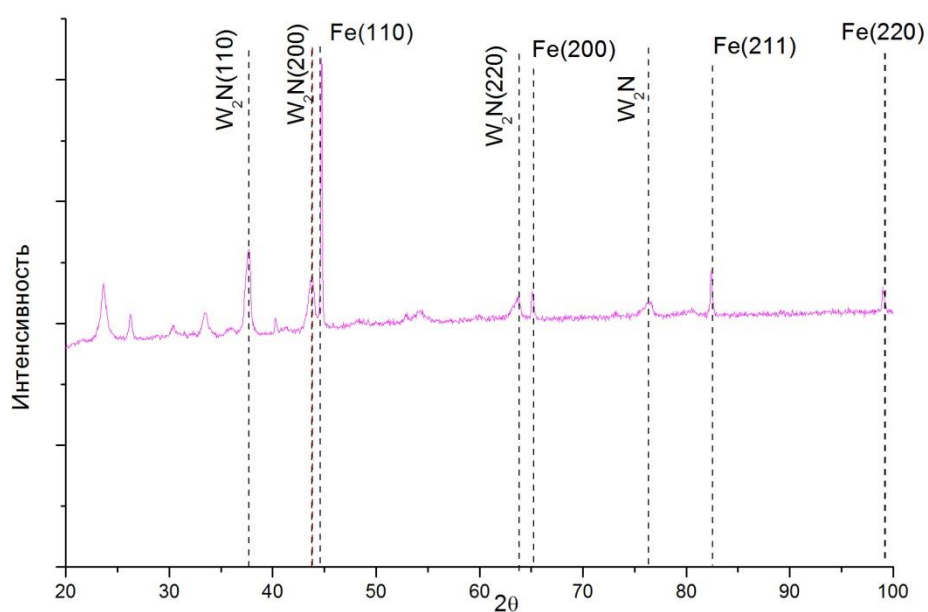


Рисунок 16 – Дефрактограмма образца, обработанного комбинированным методом

Благодаря обработке положительной полярностью после отрицательной наблюдается лучшая адгезия вольфрама к поверхности образца. Таким

образом, при комбинированной обработке наблюдается синергетический эффект: при объединении обработки с положительной и отрицательной полярностью увеличивается глубина заплавления и достигается повышение коррозионной стойкости.

7. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

7.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

7.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Суть выпускной квалификационной работы заключается в рассмотрении возможности удаления последствий коррозии (микротрещин) с поверхности трубы газопровода электроискровым методом. Данное исследование актуально, потому что в настоящее время около половины ремонтных работ газопроводов больших диаметров связано с последствиями коррозионного растрескивания под напряжением (стресс-коррозии).

Целевым рынком для внедрения электроискрового метода борьбы являются предприятия, которые обеспечивают добычу и транспортировку газо- и нефтепродуктов и при этом имеют проблему с возникновением стресс-коррозии.

		Климатические условия		
		северные	умеренные	тропические
Принадлежность к стране	Россия			
	Зарубежные страны			

Рисунок 17—карта сегментирования рынка по борьбе предприятий со стресс-коррозией.

■ Компания А ▨ Компания Б ▩ Компания В

Основными сегментами данного рынка являются компании, занимающиеся транспортировкой газо- и нефтепродукта в северных регионах. Электроискровая установка, предназначенная для борьбы со стресс-коррозией первоначально ориентирована на российские компании, транспортируемые газ в северных регионах, так как они больше всего подвержены коррозионному растрескиванию под напряжением. В дальнейшем возможно внедрение данного метода обработки в зарубежные страны.

7.1.2 Анализ конкурентных технических решений

В настоящее время наиболее распространенным методом ремонта магистрального газопровода является вырезка дефектного участка и установка нового. Для осуществления данного способа необходимо останавливать подачу газа в магистрали и осуществлять его стравливание на данном участке, что приводит к денежным потерям на простаивание газопровода, приобретение новых материалов и утрату транспортируемого продукта при стравливании. В итоге данный метод является очень дорогостоящим, так для вырезки одного километра магистрали необходимо около 1.5 млн р, при этом большая часть затрат приходится на простаивание газопровода.

Вторым способом ремонта является введение в полость трубопровода полимерного рукава, который восстанавливает герметичность и способность противостоять газопроводу внешним нагрузкам. В данном методе остановка топлива не осуществляется и стравливание большого объема газа не производится. Основными недостатками являются сложность внедрения рукава в полость трубы и долгое затвердевание композита.

Проведем анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения с помощью оценочной карты, которая приведена в таблице 3.

Таблица 3– Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений.

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Бф	Бк1	Бк2	Кф	Кк1	Кк2
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Удобство в эксплуатации	0,05	4	3	2	0,2	0,15	0,1
2. Надежность	0,15	4	4	4	0,6	0,6	0,6
3. Экологичность	0,15	5	4	4	0,75	0,6	0,6
4. Время восстановительных работ	0,05	4	4	3	0,2	0,2	0,15

Продолжение таблицы 3

Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность	0,05	4	2	3	0,2	0,1	0,15
2. Цена	0,2	4	1	4	0,8	0,2	0,8
3. Предполагаемый срок эксплуатации	0,2	3	3	4	0,6	0,6	0,8
4. Издержки на остановку транспортирования топлива	0,15	5	1	4	0,75	0,15	0,6
Итого	1	Суммарная оценка			4,1	2,6	3,8

B_{ϕ} – электроискровая обработка поверхности; $B_{к1}$ – вырезка дефектного участка; $B_{к2}$ – внедрение полимерного рукава.

Анализ конкурентных технических решений рассчитаем по формуле 2:

$$K = \sum B_i B_i \quad (2)$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

Преимущество над конкурентами: обработка дефектных участков поверхности без остановки транспортирования топлива и стравливания газа, отсутствие затрат на новый материал.

Недостатком исследуемого метода можно считать отсутствие модернизации установки для полевых условий, потребность в источнике электрической энергии при всем времени обработки.

7.1.3 SWOT-анализ

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта. Он проводится в несколько этапов.

Для составления матрицы SWOT необходимо определить сильные, слабые стороны проекта, возможности и угрозы (таблица 4).

Таблица 4– матрица SWOT

Сильные стороны: С1. Невысокая стоимость относительно применяемых методов С2. Экологичность технологии С3. Возможность обработки без остановки топлива по трубопроводу С4. Удобство в эксплуатации	Слабые стороны: Сл1. Отсутствие модернизации установки для полевых условий Сл2. Потребность в источнике электрической энергии Сл3. Непроверенный срок эксплуатации труб после обработки
Возможности: В1. Возможность внедрения технологии обработки в производство В2. Повышение скорости обработки с помощью дополнительных электродов В3. Снижение стоимости борьбы со стресс-коррозией	Угрозы: У1. Недостаточное время продления эксплуатации трубопровода У2. Недостаточное финансирование для создания полевой модели установки

После чего составляется интерактивная матрица проекта (таблица 5), которая помогает в выявлении соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды. Это соответствие или несоответствие должны помочь выявить степень необходимости проведения стратегических изменений.

Таблица 5– Интерактивная матрица проекта

Сильные стороны проекта					
Возможности проекта		С1	С2	С3	С4
	В1	+	+	+	0
	В2	-	-	-	+
	В3	+	-	+	-

В конечном итоге составляется матрица SWOT, приведенная в таблице 6.

Таблица 6– Результирующая матрица SWOT

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1. Невысокая стоимость относительно применяемых методов С2. Экологичность технологии С3. Возможность обработки без остановки топлива по трубопроводу С4. Удобство в эксплуатации	Слабые стороны: Сл1. Отсутствие модернизации установки для полевых условий Сл2. Потребность в источнике электрической энергии Сл3. Непроверенный срок эксплуатации труб после обработки
--	---	---

Продолжение таблицы 6

Возможности: В1. Возможность внедрения технологии обработки в производство В2. Повышение скорости обработки с помощью дополнительных электродов В3. Снижение стоимости борьбы со стресс-коррозией	В1С1С2 – благодаря невысокой стоимости экологичности обработки возможно внедрение данной технологии в производство. В3С3- Снижение стоимости борьбы со стресс-коррозией связано с обработкой трубопровода без остановки топлива	В1Сл1Сл3- отсутствие установки для обработки в полевых условиях и непроверенный срок эксплуатации труб после обработки негативно сказывается на внедрении в производство
Угрозы: У1. Недостаточное время продления эксплуатации трубопровода У2. Недостаточное финансирование для создания полевой модели установки	У1У2С1С3– При малом продлении срока эксплуатации трубопровода после обработки у крупных компаний уменьшится желание финансировать модернизацию установки и значимость невысокой цены относительно других методов упадет	

7.2. Планирование научно-исследовательских работ

7.2.1. Структура работ в рамках научного исследования

Группа участников состоит из студента и руководителя. Для выполнения научного исследования сформирован ряд работ, назначены должности исполнителя для каждого этапа работы (таблица 7).

Таблица 7– Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1.	Составление и утверждение технического задания	Руководитель
Анализ предметной области	2.	Обзор литературы	Студент
	3.	Анализ отобранного материала	Студент, руководитель
Подготовка установки для исследуемых работ	4.	Проверка подключения всех частей установки	Студент
	5.	Проверка работы вакуумного насоса и газового хозяйства	Студент, Руководитель
Подготовка образцов для обработки	6.	Получение образца необходимого размера из части трубы	Студент

Продолжение таблицы 7

	7.	Отбор образцов с коррозией	Студент
Обработка образцов	8.	Варьирование величины пробивного промежутка	Студент
	9.	Изменение полярности на электроде – острие	Студент, Руководитель
	10.	Изменение длительности импульса разряда	
Определение параметров разряда при разных режимах	11.	Снятие осциллограмм	Студент
	12.	Обработка осциллограмм и определение параметров разряда	Студент
Анализ сделанной обработки	13.	Подготовка образца к микрошлифу	Студент
	14.	Шлифование поверхности образца и травление	Студент
	15.	Получение снимка поперечного сечения на электронном микроскопе	Студент
	16.	Анализ полученного снимка	Студент, Руководитель
Выбор наиболее подходящего режима обработки	17.	Анализ параметров разряда с результатами обработки	Студент, Руководитель
	18.	Выбор подходящего режима	Студент, руководитель
Оформление отчета	19.	Написание раздела «финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение »	Студент
	20.	Написание раздела «социальная ответственность»	Студент
	21.	Написание основного раздела дипломной работы	Студент
	22.	Проверка работы с руководителем	Студент, Руководитель
	23.	Подготовка презентации дипломной работы	Студент

7.2.2. Определение трудоемкости выполнения работ

Для определения трудоемкости работ будем использовать такие показатели как ожидаемое значение трудоемкости, продолжительность каждой работы, продолжительность выполнения i –ой работы в календарных днях и коэффициент календарности.

Для расчета ожидаемого значения продолжительности работ $t_{ож}$ применяется следующая формула 3:

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

где t_{min} – минимальная трудоемкость i -ой работы, чел/дн.;

t_{max} – максимальная трудоемкость i -ой работы, чел/дн.

Из расчета ожидаемой трудоемкости работ, определим продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями (формула 4).

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{Ч_i} \quad (4)$$

где T_{pi} – продолжительность одной работы, раб. дн.;

$t_{ожi}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.

$Ч_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

Для построения диаграммы Ганта, переведем длительность каждого из этапов работ в календарные дни (формула 5).

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{кал} \quad (5)$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях;

T_{pi} – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях;

$k_{кал}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле 6:

$$k_{кал} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}} \quad (6)$$

где $T_{\text{кал}}$ – количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}}$ – количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}}$ – количество праздничных дней в году.

Коэффициент календарности: $K_{\text{кал}} = 365 / (365 - 119) = 1,48$.

Расчеты по трудоемкости выполнения работ приведены в таблице 8.

Таблица 8– Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоемкость работ						Исполнители		Длительность работ в рабочих днях Т _{pi}	Длительность работ в календарных днях Т _{ki}
	t _{min} , чел-дни		t _{max} , чел-дни		t _{ожсi} , чел-дни					
	Студент	Руководитель	Студент	Руководитель	Студент	Руководитель	Студент	Руководитель	Одновременное выполнение работ	Одновременное выполнение работ
Выбор направления научного исследования	14	1	28	2	19,6	1,4			10,5	15,54
Составление и утверждение технического задания	14	1	28	2	19,6	1,4			10,5	15,54
Обзор литературы	14	0	14	0	14	0			7	10,36
Анализ отобранного материала	7	3	14	6	9,8	4,2			7	10,36
Подготовка установки для исследуемых работ	2	1	4	2	2,8	1,4			2,1	3,108
Подготовка образцов для обработки	3	0	6	0	4,2	0			2,1	3,108
Обработка образцов	28	3	36	6	31,2	4,2			17,7	26,196

Продолжение таблицы 8

Определение параметров разряда в разных режимах	3	0	6	0	4,2	0			2,1	3,108
Анализ сделанной обработки	14	3	20	6	16,4	4,2			10,3	15,244
Выбор наиболее подходящего режима	3	3	7	7	4,6	4,6			4,6	6,808
Написание раздела «финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение »	10	0	14	0	11,6	0			5,8	8,584
Написание раздела «социальная ответственность»	10	0	14	0	11,6	0			5,8	8,584
Проверка работы с руководителем	2	2	4	4	2,8	2,8			2,8	4,144
Подготовка презентации дипломной работы	3	1	5	2	3,8	1,4			2,6	3,848
Итого	127	18	200	37	156,2	25,6			90,9	134,532

7.2.3 Разработка графика проведения научного исследования

По данным из таблицы 8 «Временные показатели проведения научного исследования» создадим диаграмму Ганта, которая строилась при максимальном количестве дней каждой работы. Данная диаграмма представлена на рисунке 18.



– работа, которую выполняет студент



– работа, которую выполняет руководитель

№ работ	Вид работ	Исполнители	Тк _к , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ													
				февраль			март			апрель			май			июнь	
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2
1	Выбор направления научного исследования	Студент Руководитель	16	Yellow	Blue												
2	Составление и утверждение технического задания		16		Yellow	Blue											
3	Обзор литературы		10			Yellow	Blue										
4	Анализ отобранного материала		10				Yellow	Blue									
5	Подготовка установки для исследуемых работ		3,1					Yellow	Blue								
6	Подготовка образцов для обработки		3,1						Yellow	Blue							
7	Обработка образцов		26							Yellow	Blue	Yellow					
8	Определение параметров разряда в разных режимах		3,1										Yellow	Blue			
9	Анализ сделанной обработки		15										Yellow	Blue			
10	Выбор наиболее подходящего режима		6,8											Yellow	Blue		
11	Написание раздела «финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»		8,6												Yellow		
12	Написание раздела «социальная ответственность»		8,6													Yellow	
13	Проверка работы с руководителем		4,1														Yellow
14	Подготовка презентации дипломной работы		3,8														Yellow

Рисунок 18– диаграмма Ганта

7.2.4 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

Бюджет научно-технического исследования должен быть основан на достоверном отображении всех видов расходов, связанных выполнением проекта. В процессе формирования бюджета НТИ используется следующая группировка затрат по статьям:

- материальные затраты НТИ;
- затраты на специальное оборудование для научных работ;
- заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).

7.2.4.1 Расчет материальных затрат НТИ

Для вычисления материальных затрат воспользуемся следующей формулой 7:

$$Z_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m \Pi_i \cdot N_{расх\ i}, \quad (7)$$

где m – количество видов материальных ресурсов;

$N_{расх\ i}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м² и т.д.);

Π_i – цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов;

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Стоимость материальных затрат приведена в таблице 9

Таблица 9– Материальные затраты

Наименование	Ед. Из.	Количество			Цена за ед., руб.			Затраты на материалы, (Z_m), руб.		
		Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп.2	Исп.3	Исп. 1	Исп.2	Исп.3
Спец одежда	шт	1	2	2	400	600	1000	400	1200	2000
Баллон с аргоном, 40л	шт	1	1	1	8000	10000	11500	8000	10000	11500

Продолжение таблицы 9

Провод ПуГВ 1х2	м	40	40	50	10	13	15	400	520	750
Каркас для катушки индуктивн ости	шт	2	2	2	200	300	400	400	600	800
Канц. Товары	шт	1	2	2	200	250	250	200	500	500
Эпоксипин	шт	1	2	2	100	150	150	100	300	300
Стальная труба	м	1	1	1	90	100	100	90	100	100
Шлифова- льная бумага12Н	шт	1	1	2	150	200	200	150	200	400
Шлифова- льная бумага М5/Н-00	шт	1	1	2	120	150	150	120	150	300
Итого								9860	13570	16650

7.2.4.2. Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ

В данную статью включают все затраты, связанные с приобретением специального оборудования (приборов, контрольно-измерительной аппаратуры, стендов, устройств и механизмов), необходимого для проведения работ по обработке образцов газопровода электроискровым методом. При покупке оборудования следует учесть затраты по его доставке и монтажу в размере 15% от его стоимости. Данные по расчету спецоборудования приведены в таблице 10.

Таблица 10— Расчет затрат на приобретение спецоборудования для экспериментальных работ

№ п/ п	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования			Цена единицы оборудования, тыс. руб.			Общая стоимость оборудования, тыс. руб.		
		Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1.	Осциллограф	1	1	1	115	276	325	115	276	325
2.	Паяльная станция	1	1	2	1,55	3,45	4,65	1,55	3,45	9,3

Продолжение таблицы 10

3.	Мультиметр	1	1	2	0,55	2,3	1,65	0,55	2,3	3,3
4.	Вакуумный насос	1	1	1	82	145	286	82	145	286
5.	Манометр	1	1	1	0,58	1,2	1,5	0,58	1,2	1,5
6.	Редуктор для баллона с аргонном	1	1	1	1,5	1,75	2,05	1,5	1,75	2,05
Итого:								201,2	429,7	627,2

7.2.4.3. Основная заработная плата исполнителей темы

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением НТИ, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату (формула 8):

$$З_{зп} = З_{осн} + З_{доп}, \quad (8)$$

где $З_{осн}$ – основная заработная плата;

$З_{доп}$ – дополнительная заработная плата (12-20 % от $З_{осн}$).

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле 9:

$$З_{дн} = \frac{З_{м} \cdot М}{F_{д}}, \quad (9)$$

где $З_{м}$ – месячный должностной оклад работника, руб.;

$М$ – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

при отпуске в 24 раб. дня $М = 11,2$ месяца, 5-дневная неделя;

при отпуске в 48 раб. дней $М = 10,4$ месяца, 6-дневная неделя;

при отпуске в 72 раб. дней $М = 9,6$.

$F_{д}$ – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн. (таблица 11).

Таблица 11 — баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Студент
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней - выходные дни - праздничные дни	119	119
Потери рабочего времени - отпуск - невыходы по болезни	48	72
Действительный годовой фонд рабочего времени	198	174

Месячный должностной оклад работника (формула 10):

$$З_{\text{м}} = З_{\text{тс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}}, \quad (10)$$

где $З_{\text{тс}}$ – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_{\text{пр}}$ – премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30% от $З_{\text{тс}}$);

$k_{\text{д}}$ – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 – 0,5 (в НИИ и на промышленных предприятиях – за расширение сфер обслуживания, за профессиональное мастерство, за вредные условия: 15-20% от $З_{\text{тс}}$);

$k_{\text{р}}$ – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Расчёт основной заработной платы приведён в таблице 12.

Таблица 12 — Расчет основной заработной платы

Исполнители	$З_{\text{тс}}$, руб.	$K_{\text{р}}$	$З_{\text{м}}$, руб.	$З_{\text{дн}}$, руб.	$T_{\text{р, раб.}}$ дн.	$З_{\text{осн}}$, руб.
Руководитель	15000	1,3	33150	1741	26	45272
Студент	1700	1,3	2200	131	156	20513

7.2.4.4 Дополнительная заработная плата

Дополнительная заработная плата включает заработную плату за не отработанное рабочее время, но гарантированную действующим законодательством.

Расчет дополнительной заработной платы ведется по формуле 11:

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot З_{\text{осн}} \quad (11)$$

где $k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 – 0,15).

$k_{\text{доп}}$ равен 0,12. Результаты по расчетам дополнительной заработной платы сведены в таблицу 13.

Таблица 13— затраты на дополнительную заработную плату

Исполнители	Основная зарплата (руб.)	Коэффициент дополнительной заработной платы ($k_{\text{доп}}$)	Дополнительная зарплата (руб.)
Руководитель	45272	0,12	5 432,6
Студент	20513	0,12	2461,6
Итого:			7894,2

7.2.4.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из формулы 12:

$$З_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}), \quad (12)$$

где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

На 2017 г. в соответствии с Федеральным закона от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%. На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2017 году пониженная ставка – 27,1%. Отчисления во внебюджетные фонды представлены в таблице 14.

Таблица 14 — Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Руководитель проекта	45272	5432,6
Студент	20513	2461,6
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	30%	
Итого		
Руководитель	15211,38	
Студент	6892,38	

7.2.4.6 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы является основой для формирования бюджета затрат проекта. Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в таблице 15.

Таблица 15— Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.			Примечание
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	
1. Материальные затраты НТИ	9860	13570	16650	Пункт 2.4.1
2. Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	201180	429700	627150	Пункт 2.4.2
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	65785			Пункт 2.4.3
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	7894,2			Пункт 2.4.4
5. Отчисления во внебюджетные фонды	22103,76			Пункт 2.4.5
6. Бюджет затрат НТИ	306823	539053	739583	

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

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

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп } i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}} \quad (13)$$

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

Φ_{pi} — стоимость i-го варианта исполнения;

Φ_{max} — максимальная стоимость исполнения научно- исследовательского проекта.

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп1}} = \frac{383615}{1500000} = 0.255; \quad I_{\text{финр}}^{\text{исп2}} = \frac{1500000}{1500000} = 1; \quad I_{\text{финр}}^{\text{исп3}} = \frac{430000}{1500000} = 0.286;$$

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения можно определить по формуле 14:

$$I_{pi} = \sum a^i b^i, \quad (14)$$

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

a^i — весовой коэффициент i-го варианта исполнения разработки;

b^i , b^p — бальная оценка i-го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n — число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности рекомендуется проводить в форме таблицы (таблица 16).

Таблица 16 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии \ Объект	Весовой коэффициент параметра	Исп.1 (электроискровая обработка)	Исп.2 (вырезка дефектного участка)	Исп.3 (полимерный рукав)
1. Удобство в эксплуатации	0,05	4	3	2
2. Надежность	0,15	4	4	4
3. Экологичность	0,15	5	4	4
4. Время восстановительных работ	0,05	4	4	3
5. Конкурентоспособность	0,05	4	2	3
6. Цена	0,2	4	1	4
7. Предполагаемый срок эксплуатации	0,2	3	3	4
8. Издержки на остановку транспортирования топлива	0,15	5	1	4
Итого	1	4,1	2,6	3,8

$$I_{p-исп1} = (4 + 4 + 4) \cdot 0,05 + (4 + 5 + 5) \cdot 0,15 + (4 + 3) \cdot 0,2 = 4,1;$$

$$I_{p-исп2} = (3 + 4 + 2) \cdot 0,05 + (4 + 4 + 1) \cdot 0,15 + (1 + 3) \cdot 0,2 = 2,6;$$

$$I_{p-исп3} = (2 + 3 + 3) \cdot 0,05 + (4 + 4 + 4) \cdot 0,15 + (4 + 4) \cdot 0,2 = 3,8;$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ($I_{испi}$) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле 15

$$I_{испi} = \frac{I_{p-испi}}{I_{финр}}, \quad (15)$$

$$I_{исп1} = \frac{4,1}{0,255} = 16,07; \quad I_{исп2} = \frac{2,6}{1} = 2,6; \quad I_{исп3} = \frac{3,8}{0,286} = 13,28;$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта (таблица 17) и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных. Сравнительная эффективность проекта ($\mathcal{E}_{cp}$) определяется из формулы 16

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{испi}}{I_{испmax}}, \quad (16)$$

Таблица 17– Сравнительная эффективность разработки

№	Показатели	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,255	1	0,286
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,1	2,6	3,8
3	Интегральный показатель эффективности	16,07	2,6	13,28
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,174	0,826

Сравнив значения интегральных показателей эффективности можно сделать вывод, что исследуемая технология обработки является отличным вариантом работе с позиции финансовой и ресурсной эффективности.

Вывод: выполнив раздел «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение», было сделано следующее:

- Выполнен анализ глобального газового рынка, подтверждающий коммерческий потенциал НТП;
- Проведена оценка конкурентоспособности электрофизического способа подземной конверсии горючих сланцев, которая показала, что научно-исследовательский проект является актуальным, эффективным;
- Рассчитан бюджет проекта – 383 615 (триста восемьдесят три тысячи шестьсот пятнадцать) рублей, продолжительность проекта 135 рабочих дня.
- Произведена оценка ресурсоэффективности проекта, которая указала, что наиболее эффективен первый вариант исполнения обработки.

8. Социальная ответственность

8.1. Введение

В данном разделе рассматриваются вредные и опасные факторы труда, меры защиты от них на рабочем месте в соответствии с требованиями нормативно- технических документов, а также даются рекомендации по обеспечению оптимальных условий труда и охране окружающей среды.

В выпускной квалификационной работе рассматривается способ электроискровой обработки для предотвращения коррозии газопроводов и изучение режимов работы установки для решения описанной проблемы. Установка позволяет с помощью искрового разряда обрабатывать металл, в результате чего поверхность очищается, оплавляется и модифицируется.

Во время работы за установкой персонал подвержен влиянию следующих факторов:

1. Повышенное значение напряжения
2. Уровень статического электричества
3. Повышенная температура оборудования и обрабатываемого материала
4. Уровень электромагнитного излучения
5. Уровень шума
6. Емкость с повышенным давлением
7. Микроклимат
8. Освещение рабочей области

8.2. Техногенная безопасность

В данном пункте анализируются вредные и опасные производственные факторы, входящие в ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ и имеющиеся при работе за электроискровой установкой. Все приведенные ниже производственные факторы являются физическими по природе действия.

8.3. Повышенное значение напряжения в электрической цепи

Электроискровая установка имеет высоковольтный блок с напряжением до 12кВ, которое представляет физическую опасность при возможном замыкании электрической цепи через человека.

Согласно ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ предельно допустимые значения напряжения и токов при аварийном режиме производственных электроустановок напряжение выше 1000 В с изолированной нейтралью для постоянного тока не должны превышать значений, приведенных в таблице 18.

Таблица 18– Предельно допустимые значения напряжения и тока

Нормируемая величина	Предельно допустимые значения при продолжительности воздействия тока t, с										
	0,01	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
U, В	650	500	400	350	300	250	240	230	220	210	200
I, мА											

Для обеспечения защиты персонала от прикосновения используются следующие средства защиты, регламентируемые ГОСТ 12.1.019-79 ССБТ: изоляция и безопасное расположение токоведущих частей, защитное заземление.

8.4. Уровень статического электричества

Большинство источников статического электричества находятся в низковольтной части установки. Наиболее опасным является конденсаторная батарея, которая заряжается напряжением до 90 В. Для разряда конденсаторной батареи используется изолирующая штанга. Электробезопасность осуществляется на основании ГОСТ Р 12.1.019– 2009.

8.5.Повышенная температура частей оборудования и обрабатываемых материалов

Источником высокой температуры является искровой разряд, который образуется между электродом- острием и обрабатываемым материалом. В течение обработки, превышающей по длительности 10 минут, электрод, держатель электрода и образец разогреваются до температуры, при которой возможно получение ожога работником. В качестве коллективной защиты выступает закрытая рабочая камера, не позволяющая персоналу случайно дотронуться до источника повышенной температуры. После обработки следует дождаться, пока образец остынет. Средствами индивидуальной защиты могут выступать термостойкие перчатки, прошедшие специальную проверку.

8.6.Повышенный уровень шума

Во время работы за электроискровой установкой персонал подвержен влиянию шума, создаваемого искровым разрядом и форвакуумным насосом. Как результат может снижаться производительность труда, внимание и повышается вероятность появления несчастного случая. Уровень шума и звукового давления на рабочем месте регламентируется СН 2.2.4/2.1.8.562-96, согласно которому уровень звукового давления со среднегеометрической частотой 500 Гц не должен превышать 73 дБА. Средствами коллективной защиты является рабочая камера в закрытом состоянии, при этом звуковые колебания частично затухают в стенках. Чтобы форвакуумный насос издавал меньше шума, под него под ним находится резиновая подложка, так же для затухания колебаний. Дополнительным средством защиты индивидуальной защиты могут являться специальные наушники.

8.7.Повышенный уровень электромагнитных полей и излучений

Источниками электромагнитных полей и излучений является: высоковольтный блок, искровой разряд, токоведущие шины. Электромагнитное поле обладает способностью биологического, специфического теплового воздействия на организм человека. При

воздействии полей, имеющих напряженность выше предельно допустимого уровня, развиваются нарушения со стороны нервной, сердечнососудистой систем, органов пищеварения и некоторых биологических показателей крови. Для снижения влияние электромагнитных полей применяется экранирование. Допустимые напряженности полей и время работы регулируется СанПиН 2.2.4.1191-03. При нахождении на рабочем месте всю смену напряженность электрического поля не должна превышать 5кВ/м, напряженность магнитного поля не более 8 кА/м при магнитной индукции менее 100 мкТл. При превышении данных значений необходимо уменьшать время работы персонала за установкой.

8.8.Микроклимат на производственном помещении

Микроклимат определяется действующими на человека температурой окружающего воздуха, относительной влажностью воздуха и скоростью движения воздуха. Оптимальные условия микроклимата обеспечивают комфортную работу трудящегося, не вызывают отклонений в состоянии здоровья, поддерживают высокий уровень работоспособности. Согласно СанПиН2.2.4.548-96 оптимальные показатели микроклимата приведены в таблице 19.

Таблица 19– Оптимальные показатели микроклимата

Период года	Температура воздуха, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	21-23	60-40	0,1
Теплый	22-24	60-40	0,1

Регулировать показатели микроклимата при их несоответствии оптимальным можно с помощью проветривания помещения, установкой кондиционера. В холодное время достигается оптимальная температура воздуха с помощью отопления.

8.9. Недостаточная освещенность рабочей зоны

При работе на электроискровой установке возникает необходимость выставлять зазор между электродом и обрабатываемым материалом, а также располагать электрод относительно образца. Данные расстояния составляют от 0,5 до 5 мм, поэтому требуется соответствующее освещение. Для обеспечения достаточной освещенности используется СП 52.13330.2011, согласно которому при работе малой точности освещенность рабочего места при системе общего освещения должна составлять 200 лк, и коэффициент пульсации не более 20%. Рекомендовано устанавливать люминесцентные лампы или энергоэкономичные светодиодные, обеспечивающие необходимую освещенность.

8.10. Сосуды с повышенным давлением

Сосуды с повышенным давлением представляют опасность, потому что при механическом повреждении сосуда может произойти взрыв и поражение персонала осколками. Для искровой обработки рабочей средой является газ аргон, который хранится под давлением 7МПа в баллоне объемом 63 л. Эксплуатация сосудов с повышенным давлением регламентируется документом ПБ 10–115–96, в соответствии с которым сосуд должен быть снабжен манометром прямого действия. На баллоне с газом должна находиться информация: масса баллона, дата изготовления и освидетельствования, вместимость и рабочее давление, закаченный газ. Цвет окраски баллона должен соответствовать типу газа, закаченного внутрь. Установка сосудов должна исключать возможность их опрокидывания.

Региональная безопасность

Источниками загрязнения при электроискровой обработке металлов могут выступать использованный рабочий газ аргон, бытовые отходы, в роли которых выступают электрические элементы. После обработки из камеры в атмосферу откачивается аргон. Данный газ инертный и является третьим по содержанию после кислорода и азота в воздухе, поэтому его влияние на окружающую среду очень мало. Электрические элементы, вышедшие из

строю и подлежащие замене необходимо утилизировать, потому что они состоят из большого количества компонентов, в числе которых присутствуют и токсичные, пагубно влияющие на экологию. Для утилизации электрических приборов и компонентов в Томске существует «Ведущая утилизирующая компания».

8.11.Организационные мероприятия обеспечения безопасности

Большая часть работы оператора выполняется сидя, поэтому необходимо обеспечить комфортное и безопасное рабочее место в соответствии с антропометрическими показателями и эргономикой. Требования к размещению органов управления и средств отображения информации описаны в ГОСТ 22269-76. При расположении элементов рабочего места должны быть предусмотрены необходимые средства защиты человека-оператора от воздействия опасных и вредных факторов, предусмотренных ГОСТ 12.0.003-74, а также условия для экстренного ухода оператора с рабочего места. Для того чтобы сохранить устойчивую работоспособность человека, режим труда и отдыха должен предусматривать микропаузы. По действующим нормативам они не должны быть менее 9-15 % производственного времени. Перерыв на обед необходимо устраивать так, чтобы он делил рабочий день пополам и при этом составлять 60 минут. Для наблюдения за состоянием здоровья работников необходимо проводить медицинские осмотры не реже одного раза в год.

8.12.Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Вероятной чрезвычайной ситуацией (ЧС) выступает короткое замыкание электрической цепи с последующим возгоранием оборудования. Для предотвращения ЧС необходимо перед эксплуатацией произвести осмотр оборудования на наличие неисправностей, проверить систему предохранителей и защиты электрооборудования. Помещение должно быть оборудовано пожарной сигнализацией, датчиками загазованности и дыма, первичными средствами пожаротушения, планом эвакуации. При возгорании

немедленно сообщить о пожаре по телефону 01, дать сигнал тревоги, принять меры по организации эвакуации людей, одновременно с эвакуацией людей, приступить к тушению пожара своими силами и имеющимися средствами пожаротушения.

9. Заключение

В ходе работы произведена электроискровая обработка образцов газопровода, подверженного воздействию КРН. В обработке использовалась как положительная, так и отрицательная полярность электрода-инструмента. Варьируя энергию и длительность импульса определен режим, при котором происходит заплавление микротрещин. При положительной полярности электрода – инструмента наблюдается заплавление трещины на глубину порядка 50 мкм. При отрицательной – поверхность легируется нитридом вольфрама, но заплавление не происходит. Для одновременного заплавления трещины и повышения коррозионной стойкости модифицирована схема генератора, обеспечивающая комбинированную обработку. В режиме комбинированной обработки поочередно меняется полярность электрода – инструмента, и как результат наблюдается синергетический эффект. Данный эффект заключается в увеличении глубины заплавления микротрещины на 30% и повышении коррозионной стойкости поверхности металла нитридами вольфрама.

Список использованных источников

1. Транспортировка природного газа в Российской Федерации [Электронный ресурс] // Неолант: [сайт]. URL: http://neolant.ru/press-center/aboutus/index.php?ELEMENT_ID=1018 (дата обращения: 11.05.2017)
2. Новиков В.Ф., Зумарева О.В. Исследование возможности электрохимического метода контроля коррозионных свойств сварных соединений // Master's journal.- 2016.- N1.- С.125- 129.
3. Мустафин Ф.М. Обзор методов защиты трубопроводов от коррозии изоляционными покрытиями // Нефтегазовое дело- 2003.- 24 с.
4. Гумеров К.М., Козин И.В., Галяутдинов А.А. Стресс-коррозия как основной источник опасности на магистральных газопроводах // Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. – 2004. № 63.- С. 39-50.
5. Волгина Н.И., Конакова М.А. Исследование причин разрушения магистрального газопровода // Технические науки - от теории к практике: сб. ст. по матер. XXIX междунар. науч.-практ. конф. № 12(25). – Новосибирск: СибАК, 2013.
6. Бархатов А.Ф., Федин Д.В., Вазим А.А. Экономическая эффективность реконструкции электрохимической защиты магистральных газопроводов от стресс- коррозии // Известия Томского политехнического университета. 2011. Т. 318. №6- С. 40- 43.
7. Данилов И.Е. Сравнительный анализ экономической эффективности методов ремонта магистрального газопровода в условиях коррозионного растрескивания под напряжением // Секция 20. Экономика минерального и углеводородного сырья. Горное право. 2015. С.637-638.
8. Калантаров П.Л., Цейтлин Л.А. Расчет индуктивностей: справочная книга — 3-е изд., перераб. и доп. Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. отделение, 1986. —488 с: ил.

9. Санитарные нормы СН 2.2.4/2.1.8.562-96 "Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки"
10. СанПиН 2.2.4.1191-03 "Электромагнитные поля в производственных условиях"
11. ГОСТ Р 12.1.019-2009 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.
12. СанПиН 2.2.4.548-96 "Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений".
13. ПБ 10-115-96 Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением.
14. СП 52.13330.2011 Естественное и искусственное освещение