

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»

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА БАКАЛАВРА

Тема работы
Технология ремонта печи пиролиза

УДК 621.791.01:665.642.041

Обучающийся

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-1В71	Востров Олег Александрович		

Руководитель ВКР

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

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

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

По разделу «Социальная ответственность»

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

Нормоконтроль

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИИШНКБ	Арышева Галина Владиславовна	К.Т.Н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП/ОПОП, должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИИШНКБ	Першина Анна Александровна	К.Т.Н.		

Планируемые результаты обучения по программе

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<i>Профессиональные компетенции</i>	
P1	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
P2	Ставить и решать задачи комплексного инженерного анализа и синтеза с использованием базовых и специальных знаний, современных аналитических методов и моделей
P3	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
P4	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
P5	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
P6	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
<i>Универсальные компетенции</i>	
P7	Использовать базовые и специальные знания в области проектного менеджмента для ведения комплексной инженерной деятельности с учетом юридических аспектов защиты интеллектуальной собственности
P8	Осуществлять коммуникации в профессиональной среде и в обществе, в том числе на иностранном языке, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты 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	Демонстрировать личную ответственность, приверженность и готовность следовать профессиональной этике и нормам ведения комплексной инженерной деятельности
P11	Демонстрировать знание правовых социальных, экологических и культурных аспектов комплексной инженерной деятельности, компетентность в вопросах охраны здоровья и безопасности жизнедеятельности
P12	Проявлять способность к самообучению и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности

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

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

Форма представления работы:

Бакалаврской работы

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

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы

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

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
01.04.2022 г.	Общая часть. Характеристика конструкции изделия	10
08.04.2022 г.	Требования нормативной документации. Оценка технологичности материала изделия. Заготовительное производство	15
15.04.2022 г.	Расчетно-технологическая часть. Анализ базовых технологических процессов. Сборочные операции. Технология сварки. Контроль качества	15
22.04.2022 г.	Производственно-технологическая часть. Обоснование выбора сварочного оборудования.	15
30.04.2022 г.	Выбор вспомогательного оборудования. Нормирование сборочно-сварочных работ.	15
23.05.2022 г.	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	10
30.05.2022 г.	Социальная ответственность	10
02.06.2022 г.	Заключение	10

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

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

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

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

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

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

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

**ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Бакалаврской работы

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

Студенту:

Группа	ФИО
3-1В71	Востров Олег Александрович

Тема работы:

Технология ремонта печи пиролиза	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	04.05.2022 № 124-1/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:

--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе</p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Разработка и изготовление коллектора четырех поточного камеры печи пиролиза из хромоникелевой аустенитной стали 12Х18Н10Т.</p>
---	---

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p>1 Описание сварной конструкции 2 Материал сварной конструкции 3 Обоснование выбора сварки 4 Выбор сварочных материалов 5 Расчет режимов параметров сварки 6 Выбор сварочных материалов 7 Технология техники сварки и сборки конструкции 8 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение 9 Социальная ответственность 10 Заключение</p>
<p>Перечень графического материала</p>	<p>Конструктивные элементы подготовок кромок Конструктивные элементы сварного шва Коллектор</p>
<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</p>	
<p>Раздел</p>	<p>Консультант</p>
<p>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p>	<p>Якимова Татьяна Борисовна</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>Мезенцева Ирина Леонидовна</p>
<p>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</p>	

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

Задание выдал руководитель:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-1В71	Востров Олег Александрович		

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

Студенту:

Группа	ФИО
3-1В71	Востров Олег Александрович

Школа	ИНШКБ	Отделение школы (НОЦ)	ОЭИ
Уровень образования	Бакалавриат	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	Работа с информацией, представленной в различных научных публикациях, нормативной документации.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения исследования с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Определение потенциальных потребителей результатов исследования, определение альтернатив проведения научных исследований, SWOT-анализ.
2. Планирование и формирование бюджета	Планирование этапов работы, определение календарного графика трудоемкости работы, расчет бюджета.
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности	Оценка сравнительной эффективности проекта.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Оценка конкурентоспособности технических решений
2. Матрица SWOT
3. График проведения и бюджет
4. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности

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

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-1В71	Востров Олег Александрович		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа		ФИО	
3-1В71		Востров Олег Александрович	
Школа	ИШНКБ	Отделение (НОЦ)	ОЭИ
Уровень образования	Бакалавриат	Направление / специальность	15.03.01 Машиностроение

Тема ВКР:

Технология ремонта печи пиролиза	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
<p>Введение</p> <ul style="list-style-type: none"> – Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика) и области его применения. – Описание рабочей зоны– (рабочего места) при эксплуатации 	<p><i>Объект исследования:</i> коллектор четырех поточный камеры конвекции.</p> <p><i>Область применения:</i> нефтехимическая промышленность.</p> <p><i>Рабочая зона:</i> производственное помещение площадью 83,32 м².</p> <p><i>Оборудование рабочей зоны:</i> сварочный источник питания, сварочный стол, слесарный инструмент.</p> <p><i>Рабочие процессы, осуществляемые в рабочей зоне:</i> сварка коллектора четырех поточного камеры конвекции.</p>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<p>1.Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при эксплуатации:</p> <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	<p>ГОСТ 12.3.003-86 Система стандартов безопасности труда. Работы электросварочные. Требования безопасности;</p> <p>ТК РФ от 30.12.2001 № 197-ФЗ</p> <p>Федеральный закон № 426-ФЗ от 28.12.2013</p>
<p>2.Производственная безопасность при эксплуатации:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Анализ выявленных вредных и опасных производственных факторов – Расчет уровня опасного или– вредного производственного фактора 	<p>Вредные производственные факторы:</p> <p>Повышенный уровень шума;</p> <p>Загазованность и задымленность воздуха рабочей зоны;</p> <p>Отклонение показателей микроклимата;</p> <p>Недостаточная освещенность рабочего места.</p> <p>Опасные производственные факторы:</p> <p>Термическая опасность;</p> <p>Опасность поражения электрическим током;</p> <p>Вредное воздействие УФ-излучения.</p> <p>Требуемые средства индивидуальной и коллективной защиты от выявленных факторов:</p> <p>Использования СИЗ;</p> <p>Инструктажи на рабочем месте.</p>
<p>3. Экологическая безопасность при эксплуатации</p>	<p>Загрязнение атмосферы: выделение сварочных аэрозолей</p>

	Загрязнение литосферы: при проведении работ образуется пыль и металлическая стружка, окалины и шлак
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при эксплуатации	Возможные ЧС: Возникновения пожара при производстве работ и ситуации природного характера Наиболее типичная ЧС: Пожар на рабочем месте
Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ООД	Мезенцева Ирина Леонидовна	-		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-1В71	Востров Олег Александрович		

Реферат

Выпускная квалификационная работа 80 с., 5 рис., 37 табл., 27 источников, 1 приложение.

Ключевые слова: четырех поточный коллектор, сталь 12X18H10T, ручная дуговая сварка, ручная аргонодуговая сварка.

Целью работы является разработка технологии ремонта печи пиролиза на примере изготовления четырех поточного коллектора камеры конвекции.

В процессе исследования была разработана технология изготовления коллектора из стали 12X18H10T, подобраны сварочные материалы и источники питания для сварки. Были рассчитаны режимы параметров и даны указания по технологии сварки и сборки коллектора.

В экономической части дана оценка ресурсоэффективности и ресурсосбережения, рассмотрены основные потребители продукции, проведен SWOT-анализ.

Основная область применения нефтехимическая промышленность.

Введение.....	14
1 Описание сварной конструкции	15
1.1 Установка печей пиролиза	15
1.2 Характеристики коллектора змеевика подогрева смеси камеры конвекции.....	18
2 Материал сварной конструкции	20
2.1 Технологическая свариваемость материала	21
3 Обоснование выбора способа сварки.....	23
3.1 Ручная дуговая сварка покрытыми электродами	23
3.2 Ручная дуговая сварка неплавящимся электродом в среде защитных газов	25
4 Выбор сварочных материалов	27
4.1 Выбор сварочных материалов для корневого шва	27
4.2 Выбор сварочных материалов для заполнения.....	28
5 Расчет режимов параметров сварки	30
5.1 Определение геометрических размеров шва	30
5.2 Расчет режимов для ручной аргонодуговой сварки.....	31
5.3 Расчет параметров режимов для ручной дуговой сварки покрытыми электродами	32
5.4 Определение фактической скорости охлаждения и времени выдержки металла шва и околошовной зоны в опасном интервале температур	35
5.5 Определение ожидаемого химического состава металла шва	37
6 Выбор сварочного оборудования	41
7 Технология техники сварки и сборки конструкции	43
8 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	45
8.1 Потенциальные потребители результатов исследования	45

8.3 SWOT-анализ.....	47
8.4 Планирование научно-исследовательских работ	52
8.4.1 Структура работ в рамках научного исследования.....	52
8.4.2 Определение трудоемкости работ.....	52
8.4.3 Разработка графика проведения научного исследования.....	53
8.5 Бюджет научно технического исследования (НТИ)	57
8.5.1 Расчет материальных затрат НТИ.....	57
8.5.2 Основная заработная плата исполнителей темы	58
8.5.3 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).....	58
8.5.4 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта	59
8.6 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	61
9 Социальная ответственность	64
9.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности 65	
9.2 Производственная безопасность	67
9.2.1. Отклонение показателей микроклимата.....	68
9.2.2 Повышенный уровень шума на рабочем месте	69
9.2.3 Загазованность и задымленность воздуха рабочей зоны.....	70
9.2.4 Недостаточная освещенность рабочего места	72
9.2.5 Термическая опасность	72
9.2.6 Опасность поражения электрическим током.....	73
9.2.7 Ультрафиолетовое излучение	74
9.3 Экологическая безопасность	75
9.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях при эксплуатации.....	75

Введение

В настоящее время в нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности особое внимание уделяется технологическому оборудованию, и процессу переработки при высоком давлении и температуре углеводородного сырья, а именно, пиролиз углеводородных газов для получения этилена.

Целью выпускной квалификационной работы является разработка методики ремонта печи пиролиза на примере четырех поточного коллектора камеры конвекции.

В настоящее время для изготовления коллектор используется сталь 15Х5М. Эта сталь обладает теплоустойчивостью, не подвергается интенсивной коррозии, но по технологическим свойствам эта сталь относится к трудносвариваемым. Для получения качественных сварных соединений необходим предварительный подогрев до 200-300 градусов, подогрев при сварке и термообработка после сварки – отжиг.

При использовании стали 12Х18Н10Т вместо стали 15Х5М увеличивается срок службы коллектора, что позволяет сократить простой печи при ремонте.

Высокое содержание хрома в стали 12Х18Н10Т обеспечивает ей высокие антикоррозионные свойства, наличие никеля – улучшение рабочих показателей, технологичность, стойкость к действию активных химических соединений, присутствие титана и кремния – устраняет межкристаллитную коррозию в сварочных швах, увеличивает плотность получаемого соединения.

1 Описание сварной конструкции

1.1 Установка печей пиролиза

В наше время из нефтяного сырья создается не только керосин, бензин, солярка, но и огромный ассортимент различной продукции, которой мы пользуемся в быту ежедневно, например, бытовая химия, а это и контейнеры для еды, и мешки, и пакеты, и растворители, и лакокрасочные изделия, и всевозможные моющие средства, косметика, даже лекарства.

Нефть состоит из смеси жидких углеводородов с разной молекулярной массой, их используют как топливо, а также они являются источником химического сырья. Это насыщенные углеводороды метанового ряда, а именно, метан CH_4 , пропан C_3H_8 , бутан C_4H_{10} , пентан C_5H_{12} . Так как эти углеводороды в реакции присоединения не вступают, поэтому в нефтехимии используют способы химического воздействия на них, это неполное окисление, фторирование, сульфохлорирование, нитрирование, хлорирование.

Пиролизом насыщенных углеводородов можно получить этилен, пропилен, ацетилен и другие ненасыщенные углеводороды (олефины), на основе которых синтезируются многие органические соединения. Особую ценность представляет этилен. Он нужен для получения синтетического спирта, винилхлорида, стирола, одного из самых важных пластиков –полиэтилена и т.д., а значит и для получения поливинилхлорида, полистирола и ряда других веществ и материалов.

Производство олефинов основано на техническом разложении углеводородного сырья на ряд продуктов и выделение этих продуктов с заданной степенью чистоты. В зависимости от условий разложения преобладающим является тот или иной продукт. При этиленпропиленовом режиме олефины $C_2 - C_4$ составляют до 50 – 60% (на перерабатываемое сырье), всего же получают 10% – водород, метан, этан, этилен, пропан, пропилен, фракции C_4 и C_5 , ароматические углеводороды и жидкое топливо. Наиболее потребляемым продуктом нефтехимической промышленности является этилен.

Схема производства этилена на Томском Нефтехимическом заводе включает в себя установку печей пиролиза и установку газоразделения. В каждую печь сырье поступает отдельными потоками. Пирогаз из печей по общему коллектору поступает на установку газоразделения. Установка газоразделения отличается сложностью, что обусловлено многокомпонентностью поступающей на ее вход углеродной смеси.

Блок печей отделения пиролиза состоит из 9 печей пиролиза бензина (F11-F19) и двух печей пиролиза этана (F21-F22). В штатном режиме одновременно работают 6 печей пиролиза бензина и печь пиролиза этана.

Печь предназначена для пиролиза смеси прямогонного бензина и бензина-рафината при температуре до 850°C.

За расчетный режим пиролиза, при котором рассчитываются все показатели, принят следующий:

Температура на выходе, °С	850
Содержание водяного пара, % вес. от сырья	50
Производительность, т сырья в час	20,0
Среднее время пребывания в радиантном змеевике, с	0,46
Фактическое время пребывания в радиантном змеевике, с	0,505
Продолжительность пробега печи между выжигами кокса в днях	45

Печь пиролиза бензина позволяет вести пиролиз смесей прямогонных бензинов и бензинов-рафинатов (до 25% на смесь) в пределах температуры кипения от 35 до 200 °С, бензиновых фракций газоконденсатных месторождений, бутановых, пентановых, гексановых фракций и их смесей.

Печи пиролиза F11-F19 состоят из камеры конвекции, камеры радиации и дымохода (рисунок 1).

В камере конвекции происходит испарение сырья, подогрев питательной воды и паросырьевой смеси, а так же за счет тепла дымовых газов происходит перегрев пара высокого давления.

Камера конвекции включает в себя 6 секций:

- В первой секции происходит нагрев сырья в 4-х поточных змеевиках;
- Во второй секции в однопоточном змеевике осуществляется верхний нагрев питательной воды;
- В третьей секции находится перегреватель пара высокого давления;
- В четвертой секции в однопоточном змеевике осуществляется нижний нагрев питательной воды;
- В пятой секции в четырех поточных змеевиках происходит верхний нагрев паросырьевой смеси;
- В шестой секции в четырех поточных змеевиках происходит нижний нагрев паросырьевой смеси.

В камере радиации происходит процесс пиролиза в трубчатых змеевиках. Она состоит из 4-х четырех поточных змеевиков, расположенных вертикально в одной плоскости. Смесь пара и сырья проходит через каждую радиантную секцию четырьмя потоками в трубы диаметром $89 \times 7,1$ мм, которые объединяются в два потока, состоящих из труб диаметра $114 \times 7,1$ мм, которые потом переходят в один поток диаметром труб $159 \times 10,8$ мм для входа в Закально-испарительный аппарат.

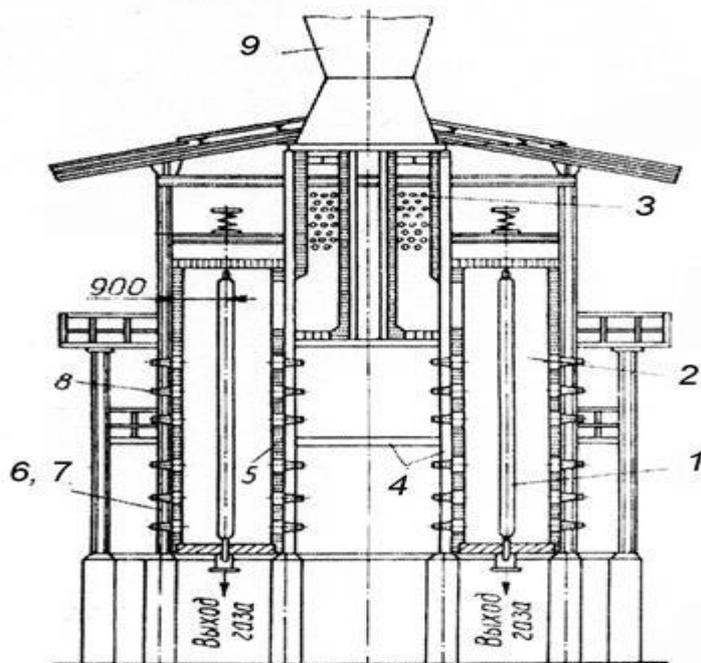


Рисунок 1 - Печь пиролиза SRT II

1 пиролизный змеевик; 2 радиантная камера; 3 конвективная камера; 4 каркас; 5 футеровка; 6 термоизоляция; 7 металлический кожух; 8 горелка; 9 дымовая труба.

1.2 Характеристики коллектора змеевика подогрева смеси камеры конвекции

Основные параметры рабочей среды в камере конвекции:

- Среда.....бензин и пар;
- Давление, мПа.....0,5;
- Температура, °С.....576.

На данный момент для изготовления коллектора используется сталь марки 15X5M. Диаметр коллектора 168мм и толщина стенки 12 мм (рисунок 2).

Сталь 15X5M жаропрочная низколегированная, относится к мартенситному классу, трудносвариваемая.[1]

Используется для труб, крепежей и задвижек, требующих сопротивляемость к окислению при температурах 600-650°C.

Зарубежные аналоги – 321, 321H(США), SUS321(Япония), 1,4541,1,5878(Германия).

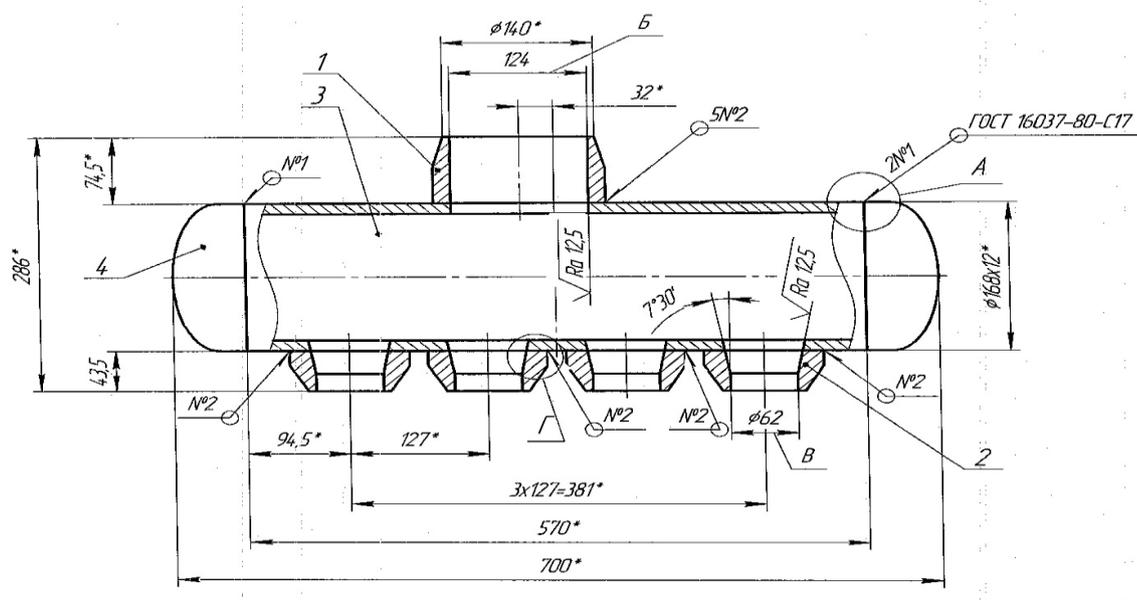


Рисунок 2 - Схема коллектора

Химический состав стали представлен в таблице 1 [1]

Таблица 1 - Химический состав стали 15X5M

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Mo	W	V	Ti	Cu
до 0.15	до 0.5	до 0.5	до 0.6	до 0.025	до 0.03	4.5 - 6	0.45 - 0.6	до 0.3	до 0.05	до 0.03	до 0.2

Физические свойства стали 15X5M представлены в таблице 2 [1]

Таблица 2 - Физические свойства стали 15X5M

T	E 10 ⁻⁵	a 10 ⁶	l	γ
Град	МПа	1/Град	Вт/(м·град)	кг/м ³
20	2.11			7750
500	1.45	12.3	33	7610
600	1.02	12.5		7580

2 Материал сварной конструкции

Технология ремонта печей пиролиза предусматривает внедрение новых способов для увеличения интервала ремонта, поэтому для изготовления коллектора наиболее подходящим будет выбор стали 12Х18Н10Т.

Сталь марки 12Х18Н10Т – конструкционно криогенная сталь аустенитного класса. Назначение: детали энергетического машиностроения, работающие при температуре до 600 °С; Сварные сосуды и аппараты в разбавленных растворах уксусной, азотной и фосфорной кислот, теплообменники; Корпуса и детали, работающие под давлением при температуре до 600 °С. [1] Физические свойства и химический состав представлен в таблицах 3 и 4 соответственно.

Таблица 3 - Физические свойства стали 12Х18Н10Т [1]

T	E 10 ⁻⁵	a 10 ⁶	l	г	C	R 10 ⁹
Град	МПа	1/Град	Вт/(м·град)	кг/м ³	Дж/(кг·град)	Ом·м
20	1,98		15	7920		725
500	1,66	17,9	23		550	1028
600	1,57	18,2	25		563	1075

Таблица 4 - Химический состав стали 12Х18Н10Т [1]

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu	Ti
до 0.12	до 0.8	до 2	9 - 11	до 0.02	до 0.035	17 - 19	до 0.3	0,6-0,8

Режим сварки, химический состав и скорость охлаждения сварного шва непосредственно влияют на механические свойства сварного соединения.

Так, высокие показатели антикоррозийности стали 12Х18Н10Т обусловлены высоким содержанием хрома (Cr), который обеспечивает способность металла к пассивации.

Титан (Ti) является достаточно сильным карбидообразующим элементом, поэтому сталь 12X18H10T не склонна к образованию межкристаллической коррозии.

Марганец (Mn) способствует к уменьшению скорости роста зерна, что приводит к получению мелкозернистой структуры.

Кремний (Si) повышает плотность и способствует выведению вредных газов, что увеличивает предел текучести и прочность стали, но снижается пластичность.

С введением никеля (Ni) сталь переходит в класс аустенитных, что повышает ее эксплуатационные и технологические показатели. Аустенитные нержавеющие стали хорошо прокатываются в холодном и горячем состоянии, а в агрессивных средах отличаются высокой коррозионной стойкостью.

Предельное содержание фосфора (P) отрицательно сказывается на механических свойствах сплава. В процессе кристаллизации он способствует сильной неоднородности сплава, а при понижении температуры снижаются пластические характеристики.

2.1 Технологическая свариваемость материала

Количественным ориентировочным показателем свариваемости стали является эквивалентное содержание углерода - $C_{\text{ЭКВ}}$. Определим его по формуле [2]:

$$C_{\text{ЭКВ}} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Ni + Cu}{15} + \frac{Cr + Mo + V}{15}; \quad (1)$$

$$C_{\text{ЭКВ}} = 0,12 + \frac{2}{6} + \frac{9 + 0,3}{15} + \frac{17}{15} = 0,2.$$

Следовательно, $0,2 \leq C_{\text{ЭКВ}} < 0,2$, значит свариваемость стали хорошая, предварительный подогрев не требуется.

Склонность стали к образованию горячих трещин проверим по формуле [2]:

$$\frac{Cr_3}{Ni_3} = \frac{Cr + Mo + 1,5Si + 2 \cdot (Al + Ti)Nb + W + 0,5Ta}{Ni + 0,5Mn + 30C + 12B + Co}; \quad (2)$$

$$\frac{Cr_3}{Ni_3} = \frac{19 + 1,5 \cdot 0,8 + 2}{11 + 1 + 30 \cdot 0,12} = 0,56.$$

0,56 < 1, следовательно сталь несклонна к образованию горячих трещин.

По свариваемости стали разделяются на трудно свариваемые, ограничено свариваемые и без ограничений. Из наших расчетов можно сделать вывод, что сталь 12X18H10T сваривается без ограничений и в широком диапазоне толщин и режимов сварки металла, без образования трещин и закалочных структур.

3 Обоснование выбора способа сварки

Главными критериями при выборе основного способа сварки являются технологические возможности и основные предъявляемые требования к качеству изготавливаемой детали, а так же руководящие документы, принятые на предприятии.

В нашем случае, руководствуясь рекомендациями [5], приварка крышки коллектора и бобышек осуществляется комбинированным способом. Заварка корня шва проводится ручной аргодуговой сваркой неплавящимся электродом, а заполнение – ручной дуговой сваркой покрытыми электродами. Рассмотрим эти два вида более подробно.

3.1 Ручная дуговая сварка покрытыми электродами

В настоящее время, ручная дуговая сварка покрытыми электродами одна из самых распространенных.

При ручной дуговой сварке от источника питания к электроду и заготовке подается постоянный или переменный ток. При постоянном токе электрическая дуга более стабильна, так как не происходит смены полярности. Так же сварку при постоянном токе можно производить на прямой или обратной полярностях. При прямой полярности плюс подается на заготовку, а минус на электрод. При обратной полярности плюс подается на электрод, а минус на заготовку.

Основными источниками питания на данный момент являются выпрямители, преобразователи, а источниками питания для постоянного тока – понижающие трансформаторы.

При касании электродом заготовки возникает электрическая дуга. От тепла дуги основной металл расплавляется, образуя сварочную ванну. Так же начинает расплавляться металлический стержень электрода и его покрытие. Расплавленное электродное покрытие образует газовую защиту над поверхностью сварочной ванны и вокруг дуги, препятствующую попаданию в нее окружающего воздуха.

В сварочной ванне основной металл и металл электрода смешиваются, а шлак выступает на поверхность. По мере удаления сварочной дуги происходит кристаллизация металла, что и образует сварочный шов (рисунок 3).



Рисунок 3 - Схема ручной дуговой сварки

При этом в процессе сварки перемещение электрода производится вручную. Наиболее лучшие результаты достигаются при использовании короткой дуги. Поэтому квалификация сварщика имеет очень большое значение.

Основные достоинства и недостатки ручной дуговой сварки покрытыми электродами представлены в таблице номер 5.

Таблица 5 - Достоинства и недостатки ручной дуговой сварки покрытыми электродами.

Достоинства	Недостатки
Сварка в труднодоступных местах; Сварка во всех пространственных положениях; Сварка на монтаже; Доступность и простота; Сварка большинства черных и цветных металлов.	Постоянная замена электрода; Необходимость удаления шлака; Низкая производительность; Жесткие требования к квалификации сварщика; Вредные условия.

3.2 Ручная дуговая сварка неплавящимся электродом в среде защитных газов

Аргонодуговая сварка – вид сварки, при котором сваривание металла происходит при помощи электрической дуги и защитного газа (Аргон).

В качестве защитного газа используется Аргон. Аргон инертный газ, тяжелее воздуха примерно на 38%, поэтому он практически не взаимодействует с другими газами и расплавленным металлом в зоне горения дуги, а так же вытесняет воздух из зоны сварки и защищает сварочную ванну от воздействия атмосферы.

Неплавящийся электрод изготавливают из вольфрама – одного из самых тугоплавких металлов. Вольфрам начинает плавиться при температуре свыше 3600°C, в то время как температура в зоне сварки - 2000°C.

Сварка производится на прямой полярности. В качестве источников питания используют аппараты постоянного тока. Вольфрамовый электрод располагается в токоведущей горелке, через сопло которой подается защитный газ. Присадочный материал подается непосредственно в зону дуги [3].

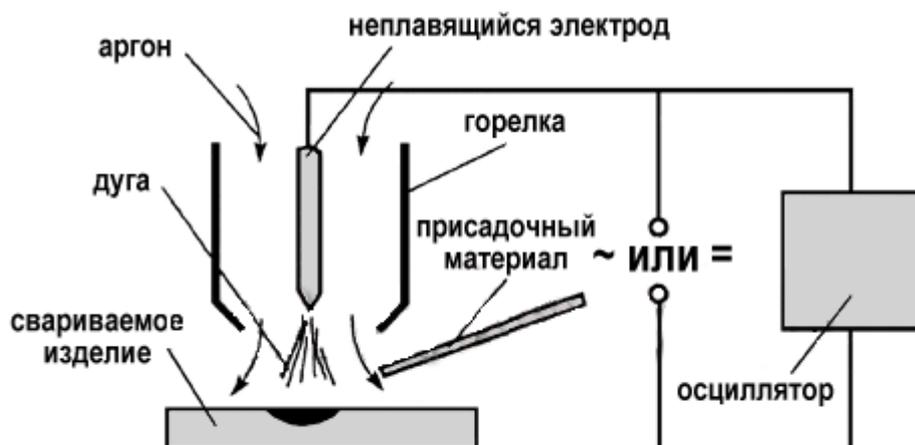


Рисунок 3 – Аргонодуговая сварка неплавящимся электродом - схема

Основные достоинства и недостатки ручной аргонодуговой сварки неплавящимся электродом представлены в таблице 6.

Таблица 6 - Достоинства и недостатки ручной аргонодуговой сварки неплавящимся электродом

Достоинства	Недостатки
<p>Простота процесса и техники сварки</p> <p>Отсутствие шлака</p> <p>Возможность визуального наблюдения за формированием шва и горением дуги</p> <p>Сварка во всех пространственных положениях</p> <p>Сварка металла небольшой толщины</p> <p>Широкий спектр свариваемых металлов</p>	<p>Низкая производительность сварки</p> <p>Чувствительность к окружающей среде</p> <p>Высокие требования к чистоте материалов</p> <p>Более сложное оборудование для сварки</p> <p>Газовое оборудование</p> <p>Высокая ионизирующая способность сварочной дуги</p>

4 Выбор сварочных материалов

4.1 Выбор сварочных материалов для корневого шва

Для сварки корневого шва будет применяться ручная аргонодуговая сварка. Согласно ОСТ 26.260.3-201 для сварки стали марки 12Х18Н10Т в качестве присадочного материала подходят следующие типы проволоки: Св-06Х19Н9Т, Св-07Х19Н10Б, Св-07Х18Н9ТЮ, Св-05Х20Н9ФБС. Рассмотрим их химический состав. (Таблица 7) [4]

Таблица 7 - Химический состав проволоки

Марка проволоки	Углерод	Кремний	Марганец	Хром	Никель	Титан	Сера, не более	Фосфор, не более	Прочие элементы
Св-06Х19Н9Т	Не более 0,08	0,4 – 1,00	1,00 – 2,00	18,00 – 20,00	8,00 – 10,00	0,50 – 1,00	0,015	0,030	
Св-07Х19Н10Б	0,05 – 0,09	Не более 0,70	1,50 – 2,00	18,50 – 20,50	9,00 – 10,50		0,018	0,025	Ниобий 1,20 – 1,50
Св-07Х18Н9ТЮ	Не более 0,09	Не более 0,80	Не более 2,00	17,00 – 19,00	8,00 – 10,00	1,00 – 1,40	0,015	0,030	Алюминий 0,60 – 0,95
Св-05Х20Н9ФБС	Не более 0,07	0,90 – 1,50	1,00 – 2,00	19,00 – 21,00	8,00 – 10,00		0,020	0,030	Ниобий 1,00 – 1,40, Ванадий 0,90 – 1,30

Для защиты сварочной ванны применяется Аргон. Аргон чистый газообразный поставляется в двух видах: высшего сорта и первого сорта. В таблице 7 приведен состав Аргона в зависимости от сорта.

Таблица 8 - Состав Аргона по ГОСТ 10157-2016

Сорт	Аргон, %	Кислород, не более %	Водяных паров, %
Высший	99,993	0,0007	0,0009
Первый	99,987	0,002	0,001

Согласно ОСТ 26.263.3-2001 выбор вольфрамового электрода проводим по ГОСТ 23949-80. Нашим требованиям удовлетворяет электрод марки ЭВЛ. Для уменьшения тепловложения диаметр вольфрамового электрода должен быть 2-3 мм.

Вывод: Руководствуясь техническим заданием, принятым на предприятии, а так же ОСТ 26.263.3-2001, ГОСТ 23949-80, ГОСТ 10157-2016 и ГОСТ 2246-70 для сварки корневого шва используем вольфрамовый электрод марки ЭВЛ диаметром 2,0 мм. В качестве присадочного материала – проволока СВ-06Х19Н9Т диаметром 2мм, защитная среда – аргон высшего сорта.

4.2 Выбор сварочных материалов для заполнения

Выбор сварочных материалов для заполнения шва проводим согласно ОСТ 26.263.3-2001 и технологических условий использования сварной конструкции. Под наши условия подходят электроды марки ЦТ-15.

ЦТ-15 – электроды, предназначенные для сварки узлов конструкций из хромоникелевых сталей марок Х20М12Т-Л, Х16Н13Б, 12Х18Н9Т, 12Х18Н10Т и им подобных, работающих при температуре 570 – 650 °С и высоком давлении, а так же для сварки сталей тех же марок, когда к металлу шва предъявляют жесткие требования стойкости к межкристаллической коррозии. Сварка производится во всех пространственных положениях шва постоянным током обратной полярности.

Характеристика электродов ЦТ-15:

- Тип покрытия – основное;
- Коэффициент наплавки – 10,5г/А·ч;
- Производительность наплавки(для диаметра 4,0 мм) – 1,3 кг/ч;
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла – 1,7 кг.

Типичные механические свойства металла шва и типичный химический состав наплавленного металла представим в таблицах 8 и 9 соответственно.

Таблица 9 - Типичные механические свойства металла шва

Временное сопротивление R_{m, S_b} , МПа	Предел текучести R_{eL, S_T} , МПа	Относительное удлинение d_5 , %	Ударная вязкость a_n , Дж/см ²
610	490	33	130

Таблица 10 - Типичный химический состав наплавленного металла, %

Временное сопротивление R_{m, S_b} , МПа	Предел текучести R_{eL, S_T} , МПа	Относительное удлинение d_5 , %	Ударная вязкость a_n , Дж/см ²
610	490	33	130

Особые свойства электродов ЦТ-15.

Обеспечивают получение металла шва, стойкого к межкристаллитной коррозии при испытаниях по методу АМУ ГОСТ 6032-89, а также обладающего высокой длительной прочностью при рабочих температурах. Содержание ферритной фазы в наплавленном металле 2,5-5,5% (типичное 3,7%).

Перед сваркой электроды необходимо прокалить в течении 1 часа при температуре 190-210 °С.

5 Расчет режимов параметров сварки

5.1 Определение геометрических размеров шва

Согласно технологии принятой на производстве и ГОСТ 16037-80 для сварки крышки коллектора выбираем тип сварного соединения С17(Таблица 11), для приварки бобышек используем соединение У19(Таблица 12).

Таблица 11 - Конструктивные элементы сварного соединения коллектор - заглушка

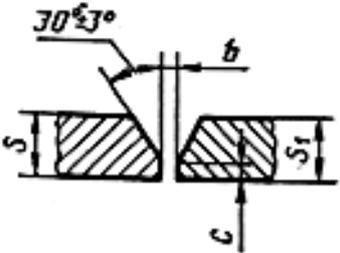
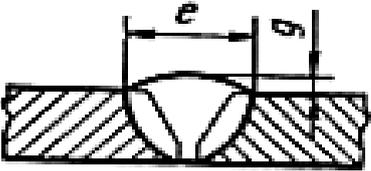
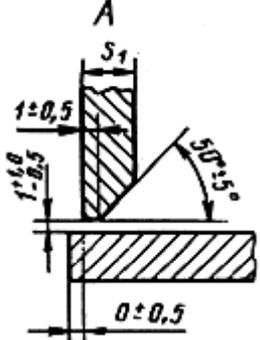
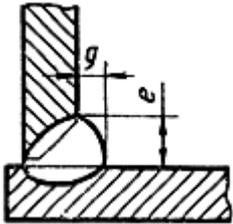
Конструктивные элементы подготовленных кромок	Конструктивные элементы шва		
 <p data-bbox="518 1037 678 1104"> $b=2-3 \text{ мм,}$ $c=1\pm 0,5 \text{ мм}$ </p>			
	S, мм	e, мм	g, мм
	12	18+4	2±0,5

Таблица 12 - Конструктивные элементы сварного соединения коллектор - бобышка

Конструктивные элементы подготовленных кромок	Конструктивные элементы шва		
			
	S, мм	e, мм	g, мм
	8	14+3	5+2

5.2 Расчет режимов для ручной аргонодуговой сварки

Расчет силы сварочного тока проводится в зависимости от диаметра неплавящегося электрода, 25-30 А на 1 мм диаметра. Произведем расчет для соединения У19 и С17:

$$I_{св} = (25 \dots 30) \cdot d_{э}, \quad (3)$$

где $d_{э}$ – диаметр электрода.

$$I_{св} = (25 \dots 30) \cdot 2 = 50 \dots 60 \text{ А.}$$

В соответствии с рекомендациями в [5] и для уменьшения тепловложения выбираем $I_{св} = 50 \text{ А}$.

Толщина корневого слоя сварки должна быть не менее 4 мм, для исключения прожогов при выполнении заполняющих слоев.

Рассчитаем площадь наплавленного металла для соединений У19 и С17

Для У19:

$$F_{н.к.у} = \frac{1}{2} \cdot a \cdot h, \quad (4)$$

где a – ширина основания (4 мм), а h – высота катета (5 мм).

$$F_{н.к.у} = \frac{4 \cdot 5}{2} = 10 \text{ мм}^2.$$

Для С17:

$$F_{н.к.с} = (6 \dots 8) \cdot d_{э}. \quad (5)$$

$$F_{н.к.с} = 6 \cdot 2 = 12 \text{ мм}^2.$$

Скорость сварки определяется по формуле (6), но так как она напрямую зависит от квалификации сварщика, то она определяется косвенно по формуле:

$$V_{св} = \frac{\alpha_{н} \cdot I_{св}}{3600 \cdot \gamma \cdot F_{н}}, \quad (6)$$

где $\alpha_{н}$ коэффициент наплавки - $\alpha_{н} = 11 \text{ г}/(\text{А} \cdot \text{ч})$;

γ - плотность наплавленного металла за данный проход – $7,92 \text{ г}/\text{см}^3$;

$F_{н}$ - площадь наплавленного металла.

Рассчитаем скорость сварки для соединения У19:

$$V_{\text{св.у}} = \frac{11 \cdot 50}{3600 \cdot 7,92 \cdot 0,1} = 0,19 \text{ см/с} = 6,84 \text{ м/ч.}$$

Рассчитаем скорость сварки для соединения С17:

$$V_{\text{св.с}} = \frac{11 \cdot 50}{3600 \cdot 7,92 \cdot 0,12} = 0,16 \text{ см/с} = 5,76 \text{ м/ч.}$$

Для определения расхода защитного газа воспользуемся рекомендациями в [5]. В нашем случае это 6 – 8 л/ч, но так как сварка корневого шва будет проводится с поддувом, то установим расход в районе 12 – 16 л/ч.

5.3 Расчет параметров режимов для ручной дуговой сварки покрытыми электродами

При расчете параметров режимов ручной дуговой сварки покрытыми электродами, в качестве основных параметров принимают силу сварочного тока, его род и полярность, диаметр электродов, площадь поперечного сечения шва выполненного за один проход, количество проходов и др.

Сварку высоколегированных сталей аустенитного класса необходимо производить на пониженных токах и с минимальными тепловложениями. Следовательно, для заполняющего слоя будем использовать электроды диаметром 3 мм, при силе тока до 90 А. Для расчета основных параметров воспользуемся рекомендациями [5] и методикой [6].

При расчете силы сварочного тока следует учесть, что сталь 12Х18Н10Т относится к высоколегированным сталям, следовательно ее электрическое сопротивление на порядок выше, чем у низколегированных сталей. Для избегания перегрева электрода и разрушения его покрытия, рекомендуется понижать силу сварочного тока на 10 – 30%.

Рассчитаем силу сварочного тока для соединений У19 и с17:

$$I_{\text{св}} = k \cdot d_{\text{э}}, \quad (7)$$

где k – принимаемый коэффициент в зависимости от диаметра металлического стержня электрода (30 А/мм).

Сила сварочного тока для У19:

$$I_{\text{св.у}} = 30 \cdot 3 = 90 \text{ А.}$$

Сила сварочного тока для С17:

$$I_{\text{св.с}} = 30 \cdot 3 = 90 \text{ А.}$$

С учетом рекомендаций, принимаем для соединений У19 и С17

$$I_{\text{св.с}} = 80 \text{ А.}$$

Для расчета напряжения на дуге воспользуемся формулой (8). Она будет одинакова для соединений У19 и С17:

$$U_{\text{д}} = 20 + 0,04 \cdot I_{\text{св}}. \quad (7)$$

$$U_{\text{д}} = 20 + 0,04 \cdot 80 = 23,2 = 23 \text{ В.}$$

С учетом рекомендаций в [6] для электродов с основным покрытием значений дуги стоит повысить на 5%. Принимаем $U_{\text{д}} = 24 \text{ В}$.

При определении числа проходов следует учитывать, что сечение первого прохода не должно превышать 30...35 мм², а последующих 30...40 мм². В угловых соединениях за один проход выполняются швы катетом не более 8 - 9 мм.

Рассчитаем общую площадь наплавки для соединения У19 по формуле (4) :

$$F_{\text{н.у}} = \frac{1}{2} \cdot 17 \cdot 11 = 93,5 \text{ мм}^2,$$

Рассчитаем общую площадь наплавки для соединения С17:

$$F_{\text{н.с}} = h^2 \cdot \text{tg}\alpha + b \cdot S + 0,75 \cdot g \cdot e, \quad (8)$$

где α , b , S , g , e размеры конструктивных элементов сварного соединения.

$$F_{\text{н.с}} = 11^2 \cdot \text{tg}30 + 2 \cdot 12 + 0,75 \cdot 2 \cdot 18 = 121 \text{ мм}^2$$

Так как площади первых проходов уже найдены в предыдущем разделе, найдем площадь последующих проходов по формуле:

$$F_{\text{п}} = (8 \dots 12) \cdot d_{\text{э}}, \quad (9)$$

Рассчитаем площадь заполняющих проходов для соединения У19:

$$F_{\text{п}} = 10 \cdot 3 = 30 \text{ мм}^2.$$

Рассчитаем площадь заполняющих проходов для соединения С17:

$$F_{\Pi} = 10 \cdot 3 = 30 \text{ мм}^2$$

Число проходов для соединения У19 рассчитаем по формуле:

$$n = \frac{F_{\text{н.у}} - F_{\text{н.к.у}}}{F_{\Pi}}, \quad (10)$$

$$n = \frac{93,5 - 10}{30} = 2,8.$$

Число проходов для соединения С17:

$$n = \frac{F_{\text{н.с}} - F_{\text{н.к.с}}}{F_{\Pi}} + 1, \quad (11)$$

$$n = \frac{121 - 10}{30} = 4,7.$$

Назначаем для соединения У19 – 3 прохода, а для соединения С17 – 5 проходов.

Для расчета скорости сварки воспользуемся формулой (6):

Для соединения У19:

$$V_{\text{св.у}} = \frac{10,5 \cdot 80}{3600 \cdot 7,92 \cdot 0,3} = 0,1 \text{ см/с} = 3,6 \text{ м/ч.}$$

Для соединения С17:

$$V_{\text{св.у}} = \frac{10,5 \cdot 80}{3600 \cdot 7,92 \cdot 0,3} = 0,1 \text{ см/с} = 3,6 \text{ м/ч.}$$

Для расчета погонной энергии воспользуемся формулой:

$$q_{\Pi} = \frac{q_{\text{эф}}}{V_{\text{св}}} = \frac{I_{\text{св}} \cdot U_{\text{д}} \cdot \eta_{\text{И}}}{V_{\text{св}}}, \quad (12)$$

где $\eta_{\text{И}}$ эффективный КПД нагрева металла дугой, для покрытых электродов находится в пределе 0,75...0,85.

Рассчитаем погонную энергию для соединения У19 и С17:

$$q_{\text{п.у}} = \frac{80 \cdot 24 \cdot 0,8}{0,1} = 15360 \text{ Дж/см.}$$

5.4 Определение фактической скорости охлаждения и времени выдержки металла шва и околошовной зоны в опасном интервале температур

Для определения времени пребывания металла шва и околошовной зоны в опасном интервале температур воспользуемся формулой представленной в [6]:

$$t_{\text{ом}} = \frac{780 - 680}{V_o}, \quad (13)$$

где V_o среднее значение скорости остывания в интервале 680 – 780 °С

Для определения V_o используем формулу:

$$V_o = \frac{V_{\text{охл}} 680^\circ + V_{\text{охл}} 780^\circ}{2}, \quad (14)$$

где $V_{\text{охл}}$ - фактическая скорость охлаждения при заданной температуре.

Для определения фактической скорости охлаждения воспользуемся формулой:

$$V_{\text{охл}} = -2\pi \cdot \lambda \cdot \omega \cdot \frac{(T_T - T_o)^2}{q_{\text{п}}}, \quad (15)$$

где λ - коэффициент теплопроводности стали (15 Вт/м²°С),

T_o - начальная температура (20°С),

T_T - исследуемая температура (680, 780 °С),

ω - безразмерный критерий процесса охлаждения,

$q_{\text{п}}$ - погонная энергия (15360 Дж/см),

знак минус в выражении указывает на то, что происходит процесс охлаждения.

Безразмерный критерий выражается через безразмерную величину $\frac{1}{\theta}$ и вычисляется по формуле:

$$\frac{1}{\theta} = \frac{2 \cdot q_{\text{п}}}{\pi \cdot \delta^2 \cdot c\rho \cdot (T_T - T_o)}, \quad (16)$$

где δ – толщин пластин (см),

$C\rho$ - объемная теплоемкость (4,9 Дж/см² · °C).

Для соединения У19:

$$\frac{1}{\theta} = \frac{2 \cdot 15360}{3,14 \cdot 0,8^2 \cdot 4,9 \cdot (680 - 20)} = 4,727,$$

$$\frac{1}{\theta} = \frac{2 \cdot 15360}{3,14 \cdot 0,8^2 \cdot 4,9 \cdot (780 - 20)} = 4,105.$$

Для соединения С17:

$$\frac{1}{\theta} = \frac{2 \cdot 15360}{3,14 \cdot 1,2^2 \cdot 4,9 \cdot (680 - 20)} = 2,101,$$

$$\frac{1}{\theta} = \frac{2 \cdot 15360}{3,14 \cdot 1,2^2 \cdot 4,9 \cdot (780 - 20)} = 1,824.$$

Находим фактическую скорость охлаждения:

Для соединения У19:

$$V_{\text{охл}} 680^\circ = -2 \cdot 3,14 \cdot 4,727 \cdot 0,15 \cdot \frac{(680 - 20)^2}{15360} = 126 \text{ }^\circ\text{C/с},$$

$$V_{\text{охл}} 780^\circ = -2 \cdot 3,14 \cdot 4,105 \cdot 0,15 \cdot \frac{(780 - 20)^2}{15360} = 145 \text{ }^\circ\text{C/с}.$$

Для соединения С17:

$$V_{\text{охл}} 680^\circ = -2 \cdot 3,14 \cdot 2,101 \cdot 0,15 \cdot \frac{(680 - 20)^2}{15360} = 56 \text{ }^\circ\text{C/с},$$

$$V_{\text{охл}} 780^\circ = -2 \cdot 3,14 \cdot 1,824 \cdot 0,15 \cdot \frac{(780 - 20)^2}{15360} = 65 \text{ }^\circ\text{C/с}.$$

Найдем среднюю скорость охлаждения по формуле (14):

Для соединения У19:

$$V_{o,y} = \frac{126 + 145}{2} = 135,5 \text{ }^\circ\text{C/с}.$$

Для соединения С17:

$$V_{o,c} = \frac{56 + 65}{2} = 60,5 \text{ }^\circ\text{C/с}.$$

Корневой шов подвержен наибольшему влиянию опасных температур, поэтому все расчеты ведем для него. Для сохранения стойкости к МКК должно выполняться условие:

$$t_{кр} > 2,1 \cdot t_{o1м} + 1,74 \cdot \sum_1^n t_{оп}, \quad (17)$$

где $t_{кр}$ - критическое время ($3,6 \cdot 10^3$ с),

$t_{o1м}$ - время пребывания расчетного слоя в области опасных температур с,

$\sum_1^n t_{оп}$ - общее время пребывания в области опасных температур, с.

Для соединения У19:

$$t_{o1м.у.} = \frac{780 - 680}{135,5} = 0,74 \text{ с,}$$

$$t_{об.у.} = 2,1 \cdot 0,74 + 1,74 \cdot 0,74 \cdot 3 = 5,5 \text{ с.}$$

Для соединения С17:

$$t_{o1м.с.} = \frac{780 - 680}{60,5} = 1,5 \text{ с,}$$

$$t_{об.с.} = 2,1 \cdot 1,5 + 1,74 \cdot 1,5 \cdot 5 = 16,2 \text{ с.}$$

Проверим выполнения условия (17):

Для соединения У19:

$$3600 \text{ с} > 5,5 \text{ с.}$$

Для соединения С17:

$$3600 \text{ с} > 16,2 \text{ с.}$$

Как видно из расчетов, условия выполняются, следовательно, при заданных режимах параметров сварки стойкость к МКК сохранятся, как для углового соединения, так и для стыкового.

5.5 Определение ожидаемого химического состава металла шва

Прочность, механические свойства и структуру шва, определяет прежде всего химический состав металла. Химический состав металла шва зависит от

режима и способа сварки, а так же от процента участия основного и электродного металла.

Для расчета химического состава шва воспользуемся формулой представленной в [6]:

$$[R]_{\text{ш}} = [R]_{\text{ом}} \cdot (1 - y_0) + [R]_{\text{э}} \pm \Delta R, \quad (18)$$

где $[R]_{\text{ш}}$ - содержание элемента в шве, %;

$[R]_{\text{ом}}$ - содержание элемента в основном металле, %;

$(1 - y_0)$ - доля участия электродного металла в металле шва;

y_0 - доля участия основного металла в металле шва;

$[R]_{\text{э}}$ - доля содержания элемента в электродной проволоке или наплавленном металле покрытыми электродами;

$\pm \Delta R$ - изменение содержания элемента в процессе сварки в результате его выгорания из сварочной ванны или перехода из флюса или электродного покрытия в сварной шов. При расчете для покрытых электродов не рассчитывается.

Долю участия основного металла в металле шва находим по формуле:

$$y_0 = \frac{F_{\text{пр}}}{F_{\text{пр}} + F_{\text{н}}}, \quad (19)$$

где $F_{\text{пр}}$ - площадь проплавления основного металла, мм²;

$F_{\text{н}}$ - площадь наплавленного металла, мм².

Найдем $F_{\text{пр}}$ по формуле:

$$F_{\text{пр}} = F - F_{\text{н}}, \quad (20)$$

где F - общая площадь сечений наплавленного и проплавленного металлов, мм².

Общую площадь находим по формуле:

$$F = 0,73 \cdot e \cdot (S + g), \quad (21)$$

Для соединения У19:

$$F_y = 0,73 \cdot 14 \cdot (8 + 5) = 133 \text{ мм}^2.$$

Для соединения С17:

$$F_n = 0,73 \cdot 18 \cdot (12 + 0,5) = 164 \text{ мм}^2.$$

Площадь проплавления для соединения У19:

$$F_{\text{пр.у.}} = 133 - 94 = 39 \text{ мм}^2.$$

Площадь проплавления для соединения С17:

$$F_{\text{пр.с.}} = 164 - 121 = 43 \text{ мм}^2.$$

Доля участия основного металла в металле шва соединения У19:

$$y_{\text{о.у.}} = \frac{39}{39 + 133} = 0,2.$$

Доля участия основного металла в металле шва соединения С17:

$$y_{\text{о.с.}} = \frac{43}{43 + 164} = 0,2.$$

Как видно из расчетов, доля участия основного металла в металле шва для углового и стыкового соединения одинакова.

Представим в таблицах химический состав стали 12Х18Н10Т и химический состав наплавленного металла:

Таблица 13 - Химический состав стали 12Х18Н10Т

С	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu	Ti
до 0,12	до 0,8	до 2	9 - 11	до 0,02	до 0,035	17 - 19	до 0,3	0,6-0,8

Таблица 14 - Химический состав наплавленного металла

С	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Nb
0,07-0,09	0,5-0,8	1,7-2,2	8,7-9,4	0,011-0,017	0,02-0,024	18,1-19,8	0,8-1,2

Найдем химический состав металла шва при ручной дуговой сварке:

$$[\text{C}]: R_{\text{ш}} = 0,12 \cdot 0,6 \cdot 0,2 + (1 - 0,2 \cdot 0,6) \cdot 0,07 = 0,07 \%;$$

$$[\text{Si}]: R_{\text{ш}} = 0,8 \cdot 0,6 \cdot 0,2 + (1 - 0,2 \cdot 0,6) \cdot 0,5 = 0,5 \%;$$

$$[\text{Mn}]: R_{\text{ш}} = 2 \cdot 0,6 \cdot 0,2 + (1 - 0,2 \cdot 0,6) \cdot 1,7 = 1,7 \%;$$

$$[\text{Ni}]: R_{\text{ш}} = 9 \cdot 0,6 \cdot 0,2 + (1 - 0,2 \cdot 0,6) \cdot 9 = 9 \text{ \%};$$

$$[\text{S}]: R_{\text{ш}} = 0,02 \cdot 0,6 \cdot 0,2 + (1 - 0,2 \cdot 0,6) \cdot 0,013 = 0,01 \text{ \%};$$

$$[\text{P}]: R_{\text{ш}} = 0,035 \cdot 0,6 \cdot 0,2 + (1 - 0,2 \cdot 0,6) \cdot 0,035 = 0,035 \text{ \%};$$

$$[\text{Cr}]: R_{\text{ш}} = 18 \cdot 0,6 \cdot 0,2 + (1 - 0,2 \cdot 0,6) \cdot 19 = 18,9 \text{ \%};$$

$$[\text{Cu}]: R_{\text{ш}} = 0,3 \cdot 0,6 \cdot 0,2 + (1 - 0,2 \cdot 0,6) \cdot 0 = 0,04 \text{ \%};$$

$$[\text{Ti}]: R_{\text{ш}} = 0,7 \cdot 0,6 \cdot 0,2 + (1 - 0,2 \cdot 0,6) \cdot 0 = 0,08 \text{ \%};$$

$$[\text{NB}]: R_{\text{ш}} = 0 \cdot 0,6 \cdot 0,2 + (1 - 0,2 \cdot 0,6) \cdot 1 = 0,88 \text{ \%};$$

Как видно из расчетов, химический состав металла шва соответствует химическому составу основного металла. Наличие наобия предотвращает образование карбидов хрома, сохраняя хром в твердом растворе. Значит выбранные сварочные материалы обеспечивают необходимый химический состав сварного шва.

6 Выбор сварочного оборудования

Учитывая, что в разрабатываемой технологии ремонта применяется комбинированная сварка, то в качестве источника питания в целях улучшения производительности и удешевления процесса рассмотрим универсальные инверторные источники питания, с учетом импортозамещения.

С учетом предъявляемых требований он должен соответствовать следующим критериям:

- обеспечивать необходимое напряжение дуги, силу и род тока;
- обладать требуемой вольтамперной характеристикой, для поддержания стабильности горения дуги;
- обеспечивать беспрепятственное возбуждения дуги и допускать минимальные потери на разбрызгивание

Представим основные характеристики в таблице 13.

Таблица 15 - Технические характеристики источников питания сварочной дуги

Характеристики	Марка источника питания							
	Grover TIG200 DC Pulse		Svarog Real TIG 200P AC/DC(E201 01)		Svarog Pro 200P DSP(W212)		Neon ВД-201 АД(DC)	
	РАД	РДС	РАД	РДС	РАД	РДС	РАД	РДС
Напряжение питающей сети, В	220	220	220	220	220	220	220	220
Потребляемая мощность, кВА	5,2	6,6	6,0	7,1	6,0	8,2	4,0	6,4
Напряжение холостого хода, В	67		61		65		70	

Диапазон регулировки сварочного тока, А	5-200	5-200	5-200	10-160	10-200	10-180	5-200	5-200
ПВ, %	60		60		60		90	
Рабочее напряжение, %	10,2-18,0	20,4-26,4	10,2-18,0	20,4-26,4	10,4-18,0	20,4-27,2	10,2-18,0	20,2-28,0
КПД, %	85		85		85		89	
Степень защиты	IP21		IP21S		IP21		IP21	
Габаритные размеры, мм	400x135x250		502x217x381		365x135x277		350x194x475	
Масса, кг	7,6		9		6,2		12,8	
Цена, руб	50000		70490		56880		46990	

Проанализировав данные из таблицы 13, под наши требования подходит источник питания NEON ВД-201 АД(DC). Он имеет наименьшую потребляемую мощность, а так же по заявлению завода изготовителя изготовлен полностью из российских комплектующих. Еще один немало важный факт, что источник питания имеет сертификацию НАКС.

7 Технология техники сварки и сборки конструкции

1. Перед сборкой все детали отправить в ремонтно-механический цех для подготовки кромок согласно чертежам. Внутренние отверстия бобышек проточить равными отверстиям в коллекторе, угол расточки не более пятнадцати градусов. Резку и обработку кромок под сварку проводить преимущественно механическим способом. ЦД кромок провести в объеме 100%.

2. Проточенные заглушки и бобышки установить на коллектор. Перед сборкой необходимо произвести очистку и обезжиривание свариваемых плоскостей. Поверхности, прилегающие к кромкам покрыть асбест-полотном, коалином или меловым раствором не менее 70 мм в каждую сторону. Категорически не допускается попадание защитного слоя в зону сварки. При помощи специальных приспособлений, обеспечить поддув аргона при сварке корневого слоя.

3. Установленные детали с коллектором собрать на прихватки. На каждое соединение по три прихватки. Длина прихватки 5 – 20 мм, высота не более 2 мм. Перед сваркой, для недопущения дефектов и возможного снижения коррозионной стойкости металла шва, промыть сварочную проволоку в ацетоне. Электроды прокалить в течении одного часа при температуре 190 – 200 °С.

4. Произвести сварку собранных деталей с коллектором. Сварку корневого и заполняющего слоя выполнять на минимальной длине дуги, без поперечных колебаний. При наложении корневого слоя допускаются возвратно-поступательные перемещения присадочного материала без вывода из зоны защитного газа. Угол наклона вольфрамового электрода должен быть в пределах 60° - 80°, а угол между электродом и присадочной проволокой - 90°.

Каждый новый проход начинать после охлаждения предыдущего до температуры ниже ста градусов и его полной зачистки. При выявлении дефектов, зачистить механическим способом и произвести повторную сварку.

Зажигание дуги производить в разделке шва или на наплавленном металле. При смене электрода или обрыве дуги, следует отступить от кратера 15 – 20 мм, зачистить это место от окалины и шлака, только тогда вновь зажигать дугу. Каждый слой следует перекрывать на 20 – 25 мм (Рисунок 4).

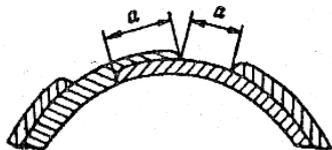


Рисунок 4 - Схема наложения замков

Порядок наложения слоев шва при ручной дуговой сварке показан на рисунке 5.

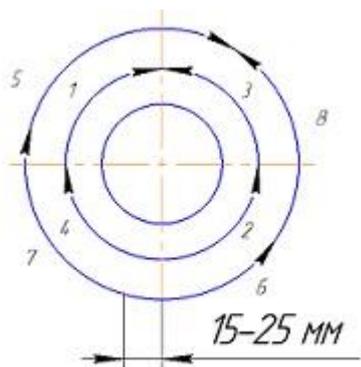


Рисунок 5 - Порядок наложения слоев шва

6. На всех этапах необходимо контролировать чистоту кромок и прилегающих к ним плоскостей, совпадение зазоров с техническим заданием. Во время сварки контролировать температуру изделия, толщину и ширину валика, параметры режимов сварки, порядок выполнения сварки.

После сварки произвести ЦД угловых швов и РГК стыковых швов в объеме 100%. Произвести замеры твердости. Измерения проводить согласно ГОСТ 3242-79.

8 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

8.1 Потенциальные потребители результатов исследования

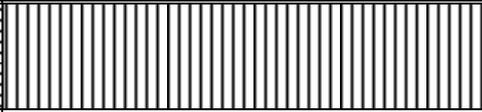
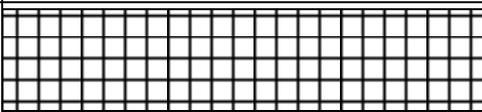
Для анализа потребителей результатов исследования необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование.

Целевой рынок – сегменты рынка, на котором будет продаваться в будущем разработка. В свою очередь, сегмент рынка – это особым образом выделенная часть рынка, группы потребителей, обладающих определенными общими признаками.

Сегментирование – это разделение покупателей на однородные группы, для каждой из которых может потребоваться определенный товар (услуга). Можно применять географический, демографический, поведенческий и иные критерии сегментирования рынка потребителей, возможно применение их комбинаций с использованием таких характеристик, как возраст, пол, национальность, образование, любимые занятия, стиль жизни, социальная принадлежность, профессия, уровень дохода.

Основными потребителями результатов исследования будут коммерческие организации. Выделим два наиболее важных критерия по которым будет проводиться сегментирование: материал изделия и размер компании. Данные представим в таблице 16:

Таблица 16 - Карта сегментирования рынка

		Вид работ	
		15X5M	12X18H10T
Размер компании	Крупные		
	Средние		
	Мелкие		

В результате сегментирования можно сделать вывод, что разработка исследования будет интересна крупным и средним нефтеперерабатывающим компаниям.

8.2 Анализ конкурентных технических решений

Анализ конкурирующих разработок, существующих на рынке, необходимо проводить систематически, так как рынки пребывают в постоянном движении. Такой анализ помогает вносить коррективы в научное исследование, чтобы успешнее противостоять своим конкурентам. В настоящее время коллектора производят из стали 15Х5М. Основные производители это ООО «Реакционные трубы» город Тольятти и ООО «ТАЛАС_СТАЛЬ» город Череповец. Сравнительные данные приведены в таблице 17:

Таблица 17 - Оценочная карта для сравнения конкурентных технических разработок

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к1}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические оценки ресурсоэффективности							
1.Качество сварного шва	0,2	5	4	3	5,2	4,2	3,2
2.Дополнительные операции при изготовлении	0,2	5	2	2	5,2	2,2	2,2
3.Энергоэкономичность	0,2	4	2	2	4,2	2,2	2,2
Экономические критерии оценки эффективности							
1.Конкурентноспособность продукта	0,1	4	4	3	4,1	4,1	3,1
2.Цена	0,1	2	4	5	2,1	4,1	5,1
3.Срок эксплуатации	0,2	5	2	2	5,2	2,2	2,2
Итого	1	27	22	17	26	19	18

Примечание: Б_ф - разрабатываемая технология;

Б_{к1} – ООО «Реакционные трубы»;

Б_{к2} - «ТАЛАС_СТАЛЬ».

Несмотря на высокую цену производства, разрабатываемая технология изготовления коллектора является достаточно конкурентоспособной на рынке, благодаря качеству исполнения и сроку эксплуатации.

8.3 SWOT-анализ

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ технологического проекта. SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта.

SWOT – анализ проводится в несколько этапов. На первом этапе рассматривают сильные и слабые стороны проекта, а также возникающие угрозы, которые проявились или могут проявиться в его внешней среде. На втором этапе выявляют соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды. На третьем этапе составляется итоговая матрица SWOT-анализа.

На основе результатов анализа, проведенного в предыдущих разделах бакалаврской работы, составим SWOT-анализ научно-технического исследования. Первый этап приведен в таблице 18:

Таблица 18 - Матрица SWOT-анализа первого этапа

	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>С1. Энергоэффективность</p> <p>С2. Актуальность темы</p> <p>С3. Опытный руководитель</p> <p>С4. Современное оборудование</p> <p>С5. Большая научно-техническая база</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>Сл1. Многократная перенастройка оборудования</p> <p>Сл2. Стоимость материалов изготовления</p> <p>Сл3. Недостаток квалифицированных кадров</p> <p>Сл4. Недостаточное производство сварочных материалов</p> <p>Сл5. Большой срок поставки материалов</p>
<p>Возможности:</p> <p>В1. Уход с рынка зарубежных компаний</p> <p>В2. Переход на импортозамещение</p> <p>В3. Повышение стоимости конкурентных разработок</p> <p>В4. Появление дополнительного спроса на новый продукт</p> <p>В5. Улучшение качества сварных конструкций</p>		
<p>Угрозы;</p> <p>У1. Пандемия</p> <p>У2. Ограничение на экспорт технологии</p> <p>У3. Недостаточное финансирование со стороны государства</p> <p>У4. Неблагоприятная геополитическая обстановка</p> <p>У5. Отток из страны квалифицированных кадров</p>		

Соответствия сильных и слабых сторон представлены в таблице 19:

Таблица 19 - Интерактивная матрица сильных сторон и возможностей проекта

Сильные стороны проекта						
Возможности проекта		C1	C2	C3	C4	C5
	B1	-	+	-	+	+
	B2	-	+	-	+	0
	B3	-	-	+	+	-
	B4	+	0	-	0	-
	B5	+	+	+	+	+

В результате анализа таблицы 19 можно выделить следующие сильно коррелирующие сильные стороны и возможности: B5C1C2C3C4C5 и B1C2C4C5.

Соответствия слабых сторон и возможностей представлены в таблице 20:

Таблица 20 - Интерактивная матрица слабых сторон и возможностей проекта

Слабые стороны проекта						
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
	B1	0	-	-	-	+
	B2	-	0	+	+	+
	B3	-	+	+	+	+
	B4	-	+	-	+	+
	B5	-	+	-	-	0

В результате анализа таблицы 20 можно выделить следующие сильно коррелирующие слабые стороны и возможности: B2Сл3Сл4Сл5 и B3Сл2Сл3Сл4Сл5.

Соответствия сильных сторон и угроз представлены в таблице 21:

Таблица 21 - Интерактивная матрица сильных сторон и угроз проекта

Сильные стороны проекта						
Угрозы		C1	C2	C3	C4	C5
	У1	0	-	-	-	-
	У2	0	+	+	-	+
	У3	-	-	+	-	-
	У4	-	+	+	-	+
	У5	-	-	+	-	0

В результате анализа таблицы 21 можно выделить следующие сильно коррелирующие сильные стороны и угрозы: У2С2С3С5 и У4С2С3С5.

Соответствия слабых сторон и угроз представлены в таблице 22:

Таблица 22 - Интерактивная матрица слабых сторон и угроз проекта

Слабые стороны проекта						
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
	У1	-	-	+	+	+
	У2	+	+	-	+	+
	У3	-	-	+	-	-
	У4	-	+	+	+	+
	У5	-	-	+	-	-

В результате анализа таблицы 22 можно выделить следующие сильно коррелирующие слабые стороны и угрозы: У2Сл1Сл2Сл4Сл5 и У4Сл2Сл3Сл4Сл5.

Проанализировав полученные данные можно составить итоговую матрицу SWOT-анализа (таблица 23).

Таблица 23 - Итоговая матрица SWOT-анализа

	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>С1. Энергоэффективность</p> <p>С2. Актуальность темы</p> <p>С3. Опытный руководитель</p> <p>С4. Современное оборудование</p> <p>С5. Большая научно-техническая база</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>Сл1. Многократная перенастройка оборудования</p> <p>Сл2. Стоимость материалов изготовления</p> <p>Сл3. Недостаток квалифицированных кадров</p> <p>Сл4. Недостаточное производство сварочных материалов</p> <p>Сл5. Большой срок поставки материалов</p>
<p>Возможности:</p> <p>В1. Уход с рынка зарубежных компаний</p> <p>В2. Переход на импортозамещение</p> <p>В3. Повышение стоимости конкурентных разработок</p> <p>В4. Появление дополнительного спроса на новый продукт</p> <p>В5. Улучшение качества сварных конструкций</p>	<p>Из-за ухода с рынка зарубежных компаний, возможность занять освободившуюся нишу. Получение высококачественных соединений.</p>	<p>Недостаток материалов и долгие сроки поставки. Необходимость повышать квалификацию кадров.</p>
<p>Угрозы:</p> <p>У1. Пандемия</p> <p>У2. Ограничение на экспорт технологии</p> <p>У3. Недостаточное финансирование со стороны государства</p> <p>У4. Неблагоприятная геополитическая обстановка</p> <p>У5. Отток из страны квалифицированных кадров</p>	<p>Наличие научно-технической базы и опытного руководителя поможет устранить угрозу недостатка импортных комплектующих.</p>	<p>Недостаток материалов. Низкое качество продукции. Срыв сроков сдачи. Удорожание.</p>

8.4 Планирование научно-исследовательских работ

8.4.1 Структура работ в рамках научного исследования

Таблица 24 - Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Создание темы проекта	1	Составление и утверждение темы проекта	Научный руководитель
	2	Анализ актуальности темы	
Выбор направления исследования	3	Поиск и изучение материала по теме	студент
	4	Выбор направления исследования	Научный руководитель, студент
	5	Календарное планирование работ	
Теоретическое исследование	6	Изучение литературы по теме	Студент
	7	Подбор нормативных документов	
	8	Изучение свариваемой конструкции	
Оценка полученных результатов	9	Анализ результатов	Научный руководитель, студент
	10	Выводы по цели	

8.4.2 Определение трудоемкости работ

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

$$t_{ожі} = \frac{3t_{mini} + 2t_{maxi}}{5}. \quad (22)$$

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

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

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

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_{pi} , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями:

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i}. \quad (23)$$

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

$t_{ожі}$ - ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.;

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

Перечень работ, в соответствии ГОСТ 19.102 – 77, отображены в таблице 25.

8.4.3 Разработка графика проведения научного исследования

При выполнении дипломных работ студенты в основном становятся участниками сравнительно небольших по объему научных тем. Поэтому наиболее удобным и наглядным является построение ленточного графика проведения научных работ в форме диаграммы Ганта.

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{кал} \quad (24)$$

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

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

$k_{\text{кал}}$ - коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$T_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (25)$$

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.

На основе таблицы 25 строится календарный план-график. График строится для максимального по длительности исполнения работ в рамках научно-исследовательского проекта с разбивкой по месяцам и декадам за период времени дипломирования. Календарный план-график представлен в таблице 26.

Таблица 25 - Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоемкость работ						Исполнители	Длительность работ в рабочих днях T_{pi}		Длительность работ в календарных днях T_{ki}	
	t_{min} , чел-дни		t_{max} , чел-дни		$t_{ожи}$, чел-дни			Исп. 1	Исп. 2	Исп. 1	Исп. 2
	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 1	Исп. 2					
Составление и утверждение темы проекта	1	0	3	0	1,8	0	Руководитель	2	0	3	0
Анализ актуальности темы	1	0	3	0	1,8	0		2	0	3	0
Поиск и изучение материала по теме	0	3	0	6	0	4,2	Студент	0	5	0	8
Выбор направления исследования	1	2	2	3	1,4	2,4	Руководитель	1	2	2	3
Календарное планирование работ	1	1	3	3	1,8	1,8	Студент	1	1	2	2
Изучение литературы по теме	0	4	0	7	0	5,2	Студент	0	6	0	9
Подбор нормативных документов	0	2	0	5	0	3,2		0	4	0	6
Изучение свариваемой конструкции	0	5	0	9	0	6,6		0	7	0	11
Проведение расчетов	0	6	0	10	0	7,6		0	8	0	12
Анализ результатов	1	1	4	4	2,2	2,2	Рук. студент	2	2	3	3
Выводы по цели	0	1	0	5	0	2,6	Студент	0	3	0	5

Таблица 26 - Календарный план график проведения ВКР по теме "Технология ремонта печи пиролиза"

№ Работ	Исполнители	T_{ki} , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ												
			Март			Апрель			Май			Июнь			
			1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
Составление и утверждение темы проекта	Руководитель	3		■											
Анализ актуальности темы		3		■											
Поиск и изучение материала по теме	Студент	8			■										
Выбор направления исследования	Руководитель	3				■	■								
Календарное планирование работ	Студент	2				■	■								
Изучение литературы по теме	Студент	9					■								
Подбор нормативных документов		6						■							
Изучение свариваемой конструкции		11								■					
Проведение расчетов		12									■				
Анализ результатов	Рук. Студент	3											■	■	
Выводы по цели	Студент	5												■	

Руководитель - ■ Студент - ■

8.5 Бюджет научно технического исследования (НТИ)

8.5.1 Расчет материальных затрат НТИ

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_M = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расхи}, \quad (26)$$

где m - количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования;

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

C_i - цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м² и т.д.);

k_T - коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

15 - 25% от стоимости материалов принимают за транспортные расходы.

Материальные затраты представлены в таблице 27.

Таблица 27 - Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество			Цена за ед., руб.			Затраты на материалы, (Z _М), руб		
		Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Сварочные электроды ЦТ-15	кг	5	5	5	1015	1200	950	5075	6000	4750
Сварочная проволока СВ-06Х19Н9Т	шт	2	2	2	502	471	541	1004	942	1082
Итого								6079	6942	5832

8.5.2 Основная заработная плата исполнителей темы

Расчет основной заработной платы сведен в таблице 28.

Таблица 28 – Основная заработная плата

Исполнители	Оклад, руб.	Районный коэффициент, г. Томск	Количество рабочих дней	Зарплата, руб.
Руководитель	46500	1,3	8	16505
Студент	23800	1,3	38	40126

Баланс рабочего времени на 2022 год приведен в таблице 29.

Таблица 29 - Баланс рабочего времени за 2022 год

Показатели рабочего времени	Руководитель	Студент
Календарное число дней		
Количество нерабочих дней	118	118
Потери рабочего времени		
-отпуск	28	28
-невыходы по болезни	-	-
Действительный годовой фонд рабочего времени	219	219

8.5.3 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$З_{внеб} = K_{внеб} \cdot (З_{осн} + З_{доп}), \quad (27)$$

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

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}}, \quad (28)$$

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

Страховые отчисления представлены в таблице 30.

Таблица 30 - Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб	Дополнительная заработная плата, руб
Руководитель	16505	1980
Студент	40126	4815
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,3	
Итого	19027	

8.5.4 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы (темы) является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции.

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект приведен в таблице 31.

Таблица 31 - Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб		
	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
1.Материальные затраты НТИ	6079	6942	5832
2.Затраты по основной заработной плате	56631	56631	56631
3.Затраты по дополнительной заработной плате	6795	6795	6795
4.Отчисления во внебюджетные фонды	19027	19027	19027
5.Бюджет затрат НТИ	88532	89395	88285

8.6 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:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (29)$$

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 (в т.ч. аналоги).

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}1} = \frac{88532}{89395} = 0,99.$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}2} = \frac{89395}{89395} = 1.$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}3} = \frac{88285}{89395} = 0,99.$$

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

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (30)$$

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

a_i - весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

b_i - бальная оценка i -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности представлен в таблице 32.

Таблица 32 - Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
1. Сварочные материалы	0,2	5	4	5
2. Удобство в эксплуатации	0,1	5	4	3
3. Энергосбережение	0,1	4	3	3
4. Качество продукции	0,2	4	4	4
5. Надежность	0,2	4	4	5
6. Производительность	0,2	5	3	4
Итого	1			

$$I_{p-исп1} = 0,2 \cdot 5 + 0,1 \cdot 5 + 0,1 \cdot 4 + 0,2 \cdot 4 + 0,2 \cdot 4 + 0,2 \cdot 5 = 4,5;$$

$$I_{p-исп2} = 0,2 \cdot 4 + 0,1 \cdot 4 + 0,1 \cdot 3 + 0,2 \cdot 4 + 0,2 \cdot 4 + 0,2 \cdot 3 = 3,7;$$

$$I_{p-исп3} = 0,2 \cdot 5 + 0,1 \cdot 3 + 0,1 \cdot 3 + 0,2 \cdot 4 + 0,2 \cdot 5 + 0,2 \cdot 4 = 4,2.$$

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

$$I_{испi} = \frac{I_{p-испi}}{I_{финр.и}} \quad (30)$$

$$I_{исп1} = \frac{4,5}{0,99} = 4,55 ;$$

$$I_{\text{исп1}} = \frac{3,7}{1} = 3,7 ;$$

$$I_{\text{исп1}} = \frac{4,2}{0,99} = 4,24.$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта (таблица 31) и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных. Сравнительная эффективность проекта $\mathcal{E}_{\text{ср}}$:

$$\mathcal{E}_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{исп}i}}{I_{\text{исп}max}}. \quad (31)$$

Таблица 33 - Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
1	Интегральный финансовый показатель	0,99	1	0,99
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности	4,5	3,7	4,2
3	Интегральный показатель эффективности	4,55	3,7	4,24
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	0,99	1	0,99

Сравнив значения интегральных показателей эффективности первый вариант наиболее предпочтителен с позиции финансовой и ресурсной эффективности.

9 Социальная ответственность

Объектом исследования является четырех поточный коллектор камеры конвекции печи пиролиза, используемый в нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности.

Изготовление коллектора проводится на производственной площадке Томского Нефтехимического комбината в ремонтно-механическом цехе. Площадь производственного помещения 83,32 м².

Стены цеха сделаны из железобетонных блоков, окрашены в белый свет. В здании имеется два окна, а так же 10 светильников, расположенных непосредственно над рабочей зоной.

При изготовлении коллектора используется сварка в среде защитных газов, а так же сварка покрытыми электродами. Коллектор изготавливается из стали марки 12Х18Н10Т.

В оборудование рабочей зоны входят:

- Сварочный источник питания NEON ВД-201 АД(DC);
- Сварочный стол;
- Слесарный инструмент.

В рабочей зоне осуществляются заготовительные операции, шлифовка, сборка и сварка.

На случай пожара помещение оснащено запасными выходами и системой пожаротушения.

Сварочное производство является достаточно вредным как для людей, так и для окружающей среды. Актуальность темы состоит в том, чтобы рассмотреть вредные и опасные производственные факторы и предложить меры для минимизации их воздействия на персонал и окружающую среду.

9.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Трудовой кодекс РФ от 30.12.2001 № 197-ФЗ устанавливает основные права и обязанности работника и работодателя, дает понятие времени труда и отдыха, регулирует вопросы по охране труда, переподготовки и повышения квалификации, профессиональной подготовки, трудоустройства. Устанавливает правила оплаты и нормирования труда, порядок разрешения трудовых споров. Эти правила обязательны для всех трудовых отношений в РФ, их нарушение законом не допускается.

В регулировании трудовых правоотношений большое место занимают корпоративные (или локальные) нормативные акты. Это акты, разрабатываемые и принимаемые на предприятии и распространяющиеся на коллектив данного предприятия (например, положение о приеме на работу, положение о премиях, правила внутреннего трудового распорядка и т.д.). Как правило, они лучше учитывают условия и особенности конкретного предприятия и более точно регулируют трудовые отношения.

Специальные нормы трудового права предусмотрены в законодательстве, а именно, дополнительные льготы для работников, выполняющих трудовую функцию с вредными и опасными условиями труда.

При приеме на работу с вредными или опасными условиями труда, работник должен представить соответствующее заключение по результатам предварительного медосмотра, подписанное врачом и заверенное печатью лечебно-профилактического учреждения (ст. 213 ТК РФ).

Если работа связана с вредными и (или) опасными условиями труда, то устанавливается:

- сокращенная продолжительность рабочего времени – не более 36 часов в неделю и не более 8 часов в смену (при 36-часовой работе в неделю);
- ежегодный дополнительный оплачиваемый отпуск – не менее 7 календарных дней.

Основные требования к сварщику установлены в Профстандарт «Сварщик» (Приказ Минтруда России от 28.11.2013 № 701н «Об утверждении профессионального стандарта "Сварщик"»). Профстандарт для этой профессии обязательный.

Если основная работа связана с вредными и (или) опасными условиями труда, то работа по совместительству запрещена (ч. 5 ст. 282 ТК РФ)

В законодательстве предусмотрены дополнительные льготы для работников выполняющих трудовую функцию с вредными и опасными условиями труда. Постановление Правительства РФ от 20.11.2008 N 870 «Об установлении сокращенной продолжительности рабочего времени, ежегодного дополнительного оплачиваемого отпуска, повышенной оплаты труда работникам, занятым на тяжелых работах, работах с вредными и (или) опасными и иными особыми условиями труда».

Проводя сварочные работы, человек подвергается воздействию ультрафиолетового излучения, высоких температур и вредных газов. Многолетний труд во вредных условиях приводит к развитию профессиональных заболеваний. Работая сварщиком повышается нагрузка на глаза. Законодательством предусмотрены комплексы мер которые призваны компенсировать работнику риски связанные с вредными условиями труда (Федеральный закон "О специальной оценке условий труда" от 28.12.2013 № 426-ФЗ). К ним относятся: сокращение продолжительности рабочей смены, дополнительный оплачиваемый отпуск, доплата к основному окладу, обеспечение средствами индивидуальной защиты, снижение возрастной планки при выходе на пенсию, бесплатное санаторно-курортное лечение. Денежная компенсация льгот сварщикам за вредность не облагается налогом на доходы физических лиц.

Федеральный закон от 24.07.1998 N 125-ФЗ «Об обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний». Данный закон устанавливает порядок осуществления обязательного страхования от несчастных случаев на

производстве, а также в возмещения вреда причиненного жизни и здоровью работника при наступлении такого рода несчастных случаев.

9.2 Производственная безопасность

Производственная безопасность заключается в анализе и выявлении опасных и вредных факторов при эксплуатации проектируемого решения. Проведя анализ, можно предложить ряд мер для минимизации негативного воздействия данных факторов на рабочий персонал. Для идентификации потенциальных факторов используется ГОСТ 12.0.003 – 2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» [16].

Таблица 34 – Возможные опасные и вредные производственные факторы при проведении сварочных работ

Факторы (ГОСТ 12.0.003 - 2015)	Нормативные документы
1. Отклонение показателей микроклимата	СанПин 1.2.3685-21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания. [18]
2. Повышенный уровень шума	ГОСТ 12.1.003-2014. Система стандартов безопасности труда. Шум. [19] ГОСТ 12.1.029 – 80 ССБТ. Средства и методы защиты от шума. Классификация. [20]
3. Загазованность и задымленность воздуха рабочей зоны	ГН 2.2.5.1313-03 Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны. [22]
4. Недостаточная освещенность рабочего места	СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*. [23]
5. Термическая опасность	ГОСТ 12.1.004-91 Пожарная безопасность. Общие требования [24]

6. Опасность поражения электрическим током	ГОСТ 12.1030 – 81 ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление. [25] ГОСТ 12.1.038 – 82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжения прикосновения и токов. [26]
7. Вредное воздействие УФ-излучения	ГОСТ 12.1.019-2017 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты. [27]

Рассмотрим подробнее опасные и вредные факторы, которые возникают при работе с объектом исследования.

9.2.1. Отклонение показателей микроклимата

Микроклимат производственных помещений – это климат внутренней среды этих помещений, который определяется действующими на организм человека сочетаниями температуры, влажности и скорости движения воздуха [17]. Согласно [18] показателями, характеризующими микроклимат, являются: температура воздуха, относительная влажность воздуха, скорость движения воздуха, интенсивность теплового излучения.

Указанные параметры оказывают значительное влияние на работоспособность человека, его самочувствие и здоровье. При определенных их значениях человек испытывает состояние теплового комфорта, что способствует повышению производительности труда, предупреждению простудных заболеваний. И, наоборот, неблагоприятные значения микроклиматических показателей могут стать причиной снижения производственных показателей в работе, привести к таким заболеваниям работающих как различные формы простуды, радикулит, хронический бронхит, тонзиллит и т.д.

Для создания благоприятных условий работы, соответствующих физиологическим потребностям человеческого организма, устанавливают оптимальные санитарные нормы и допустимые метеорологические условия в рабочей зоне помещения.

Рабочая зона ограничивается высотой 2,2 м над уровнем пола, где находится рабочее место. При этом нормируются: температура, относительная влажность и скорость движения воздуха [18].

Все категории работ разграничиваются на основе интенсивности энерготрат организма в ккал/ч (Вт). Сварочные работы, связанные с ходьбой, перемещением и переноской тяжестей до 10 кг относятся к категории Пб (работа с интенсивностью энерготрат 201-250 ккал/ч (233-290 Вт) [18].

Оптимальные и допустимые параметры микроклимата на рабочем месте согласно СанПин 1.2.3685-21 [18] приведены для категории Пб приведены в таблице 35.

Таблица 35 - Допустимые показатели микроклимата [18]

Период года	Температура, град. С		Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с	
	Диапазон ниже оптимальных величин	Диапазон выше оптимальных величин		Диапазон ниже оптимальных величин	Диапазон выше оптимальных величин
Холодный	15-16,9	19,1-22,0	15-75	0,2	0,4
Теплый	16,0-18,9	21,1-27,0	15-75	0,2	0,5

Для создания оптимальных условий труда необходимо выполнить следующие рекомендации:

- применение спецодежды и средств индивидуальной защиты;
- введение перерывов;
- организация принудительного воздухообмена;
- правильная организация систем отопления и воздухообмена;
- увлажнение воздуха в рабочих помещениях.

9.2.2 Повышенный уровень шума на рабочем месте

Люди, которые работают в условиях длительного шума, часто мучаются головными болями, снижением памяти, повышенной утомляемостью раздражительны, у них снижается память, пропадает аппетит, бывают боли в

ушах и т. д. Все эти факторы снижают работоспособность и производительность человека, что сказывается также на качество труда [19].

Источниками шума является – система вентиляции, работающий сварочный выпрямитель, посторонние шумы, возникающие вследствие вибрации поверхностей оборудования и т.д.

Чтобы уменьшить негативные последствия производственного шума, его необходимо регулировать по нормам, которые указаны в ГОСТ 12.1.003 - 80 «ССБТ. Общие требования безопасности» [20]. Использовать противошумные наушники, малошумные механизмы и т.д.

Допустимые уровни звука и звукового давления для рабочего места сварщика согласно СНиП по ограничению шума на территориях и в помещениях производственных предприятий приведены в таблице 4

Таблица 36 - опустимые уровни звукового давления в октавных полосах, уровни звука и эквивалентные уровни звука на рабочих местах [17]

Назначение помещений	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Рабочие места в производственных помещениях	99	92	86	83	80	78	76	74

Эквивалентный уровень шума – 85 дБ А.

Согласно, СНиП 23-03 - 2003 [21]: для уменьшения воздействий шума можно использовать следующие методы:

- изоляция воздушного шума;
- экранирование рабочих мест, то есть установка перегородок между рабочими местами;
- изоляция источников шумов;
- проведение акустической обработки помещения

9.2.3 Загазованность и задымленность воздуха рабочей зоны

Сварочный процесс сопровождается насыщенными пылевыведениями, приводящими к большой запыленности производственного помещения

токсичной мелкодисперсной пылью, газовыделениями, действующими негативно на весь организм работающего.

Повышенная температура сварочной дуги способствует насыщенному окислению и испарению металла, флюса, защитного газа, легирующих частей. Окисляясь кислородом воздуха, эти пары образуют мелкодисперсную пыль, а образующиеся при сварке и тепловой резке конвективные потоки поднимают газы и пыль в верхние слои помещения, приводя к еще большей запыленности и загазованности рабочего места сварщика.

При попадании в организм работника через дыхательные пути, а затем и в пищеварительный тракт вредные газообразные вещества наносят поражения всему организму человека.

В соответствии с ГН 2.2.5.1313 - 03 [22] выделяют следующие предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ на рабочем месте.

Таблица 37 - ПДК вредных веществ в воздухе рабочей зоны [22]

№	Наименование вещества	Формула	Величина ПДК, мг/м ³	Преимущественное агрегатное состояние в воздухе в условиях производства	Класс опасности	Особенности действия на организм
	1	2	3	4	5	6
1	оксиды железа	Fe ₂ O ₃	6	аэрозоль	4	фиброгенные
2	марганец	Mn	0,6	аэрозоль	2	
3	оксид кремния	SiO ₂	3	аэрозоль	3	фиброгенные
4	оксиды хрома	CrO ₃	0,03	аэрозоль	1	канцерогены
5	оксид алюминия	Al ₂ O ₃	6	аэрозоль	4	фиброгенные
6	азот диоксид	NO ₂	2	пары/газы	3	остронаправленные
7	углерод диоксид	CO ₂	20	пары/газы		остронаправленные
8	озон	O ₃	0,1	пары/газы	1	остронаправленные
9	фтористый водород	HF	0,5	пары/газы	1	остронаправленные

От загазованности в качестве защитных мер используют:

- индивидуальные средства защиты дыхательных путей;
- установка местной и общеобменной вытяжной вентиляции;
- регулярные перерывы между рабочим временем и прогулки на свежем воздухе.

9.2.4 Недостаточная освещенность рабочего места

Освещение – получение, распределение и использование световой энергии для обеспечения благоприятных условий видения предметов и объектов. Плохое освещение повышает нагрузку на глаза, отрицательно влияет на зрение, и вызывает утомление организма в целом. Неправильное освещение может быть причиной травматизма: плохо освещенные опасные зоны, слепящие лампы, резкие тени ухудшают или вызывают полную потерю зрения, ориентации.

На практике используются два вида освещения: естественное (солнце) и искусственное (газоразрядные лампы). Естественное боковое и искусственное рабочее, а также комбинированное, которое состоит из местного освещения рабочих мест и общего освещения помещения. Нормируемый показатель освещенности на рабочих местах производственных помещений при искусственном освещении составляет 200 лк (для производственных помещений). При недостаточном уровне освещенности, необходимо установить необходимое количество ламп искусственного освещения.

9.2.5 Термическая опасность

Термическая опасность – опасность, возникающая при горении, повышенной температуры поверхности или повышенной температуры вдыхаемого газа.

В процессе сварки свариваемый металл разогревается вплоть до температуры испарения, а вследствие нестабильного горения сварочной дуги возможно разбрызгивание расплавленного металла. В результате

разбрызгивания расплавленный металл может попасть на незащищенные участки тела и вызвать серьезные ожоги. Для предупреждения образования ожогов необходимо принятие специальных мер.

Меры предосторожности от термической опасности:

1. использование спецодежды и средств индивидуальной защиты;
2. принудительная вентиляция рабочей зоны;
3. использование защитных экранов;
4. работник должен быть аттестован по технике безопасности и противопожарной безопасности.

9.2.6 Опасность поражения электрическим током

Поражение электросварщика электрическим током может произойти при неправильном использовании сварочного оборудования, неисправного сварочного оборудования, инструмента и приспособлений для сварки, нарушение правил техники безопасности по отношению к другим источникам электрической энергии. В зависимости от индивидуальных показателей человека (масса, рост, строение тела, пол, род занятий), его физического состояния (болезнь, наличие состояния алкогольного опьянения), параметров протекающего тока (сила тока и его частота), окружающей среды зависит поражающее воздействие тока на организм.

Во избежание поражения сварщика током необходимо обеспечение электробезопасности. Электробезопасность представляет собой систему организационных и технических мероприятий и средств, обеспечивающих защиту людей от вредного и опасного воздействия электрического тока [21].

В качестве обратного провода или его элементов могут быть использованы стальные шины и конструкции. Соединение между собой отдельных элементов, применяемых в качестве обратного провода, должно быть надежным и выполняться на болтах, зажимах или методом сварки.

Подключение кабелей к сварочному оборудованию осуществляется с применением опрессованных или припаянных кабельных наконечников.

Сварочные цепи по всей длине изолируются и защищаются от механических повреждений.

Соединение сварочных кабелей при наращивании длины производится опрессовкой, сваркой или пайкой с последующей изоляцией мест соединения. Запрещается применять соединение кабелей «скруткой».

Электрододержатели для ручной сварки должны обеспечивать надежное зажатие и быструю смену электродов, а также исключать возможность короткого замыкания их корпусов на свариваемые детали при временных перерывах в работе или при случайном их падении на металлические предметы. Рукоятки электрододержателей изготавливаются из негорючего диэлектрического и теплоизолирующего материала. Присоединение проводов к электрододержателям осуществляется механическими зажимами или методом сварки. Запрещается применение самодельных электрододержателей.

Исправность оборудования для производства электросварочных работ не реже одного раза в шесть месяцев проверяется работниками, назначенными работодателем ответственными за содержание в исправном состоянии соответствующего вида оборудования.

9.2.7 Ультрафиолетовое излучение

Горение сварочной дуги сопровождается излучением ослепительно ярких световых лучей и невидимых глазом УФ и ИК лучей.

Видимые и УФ световые лучи ослепляют, так как яркость их превышает физиологически переносимую дозу. Короткие ультрафиолетовые лучи даже при кратковременном воздействии могут вызвать электроофтальмию. Инфракрасные лучи обладают главным образом тепловым эффектом, их интенсивность зависит от мощности дуги. При современных способах сварки тепловая радиация на рабочем месте может составлять $0,56 \text{ кал/см}^2 \cdot \text{мин}$. Источниками тепловой радиация являются дуга и в меньшей степени нагретый металл.

Для защиты от излучения используются сварочные маски и щитки конструкция масок должна соответствовать ГОСТ 12.4.035 0751505597 - 78 и ТУ 3441003 - Система стандартов безопасности труда. Щитки защитные лицевые для электросварщиков.

9.3 Экологическая безопасность

При выполнении сварочных работ негативное влияние на атмосферу оказывает сварочный дым. В своем составе он содержит вредные вещества, такие как оксид железа, марганца, хрома, вольфрама, цинка, алюминия, меди, никеля и др.. Так же при сварке в защитных газах выделяются вредные газы – азот, углекислый газ, озон.

Для минимизации вредного воздействия на атмосферу широкое распространения получили электрофильтры. Электрическая очистка – один из наиболее совершенных видов очистки газов от взвешенных в них частиц пыли и тумана. [15] Так же на производствах применяют сухие пылеуловители – циклоны.

В процессе производства сварных конструкций образуются твердые отходы: металлическая стружка, огарки электродов, шлак и окалины. Для их сбора на ремонтном участке организован специальный контейнер. По мере накопления металлические отходы увозят на дальнейшую переработку.

9.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях при эксплуатации

Наиболее частая чрезвычайная ситуации при проведении сварочных работ это пожар.

Наиболее частые причины возникновения пожара:

- пренебрежение техникой безопасности при проведении огневых работ;
- халатное обращение с огнем;
- короткое замыкание в электрической цепи.

При обнаружении пожара или загорания необходимо:

1. Немедленно прекратить выполнение работ;
2. Сообщить о происшествии диспетчеру предприятия;
3. Поставить в известность о случившемся непосредственного руководителя работ;
4. Вызвать Пожарную службу по телефону 70-30-01; 30-01, Газоспасательный отряд по телефону 30-04 и Врачебный здравпункт по телефону 30-03.
5. Обесточить оборудование в зоне пожара или загорания, покинуть помещение, закрыв за собой дверь;
6. При необходимости помочь эвакуации людей, по возможности, принять участие в тушении пожара имеющимися средствами пожаротушения (с соблюдением требований безопасности);
7. Эвакуацию оборудования или других материальных ценностей производить только при условии безопасности этих работ.

На основании Федерального закона от 22.07.2008 N 123-ФЗ (ред. от 30.04.2021) "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности" возможный класс пожара А.

Согласно ст. 43 Федерального закона от 22.07.2008 N 123-ФЗ (ред. от 30.04.2021) для тушения пожара класса использует следующие первичные средства пожаротушения: переносные и передвижные огнетушители, пожарный инвентарь и покрывала для изоляции очага возгорания.

Заключение

В результате выполнения выпускной квалификационной работы была разработана технология ремонта печи пиролиза на примере замены четырех поточного коллектора камеры конвекции.

Для изготовления коллектора была предложена аустенитная хромоникелевая сталь 12Х18Н10Т. Рассчитаны режимы параметров сварки с учетом использования отечественных сварочных материалов и с сохранением технологических свойств стали. Даны указания по поводу технологии сварки и сборки коллектора.

Список использованных источников

1. Колосков М.М. Марочник сталей и сплавов /Е.Т. Долбенко, Ю.В. Каширский и др.; Под общей ред. А.С. Зубченко – М.: Машиностроение, 2001. - 672с.
2. Макаров Э.Л. Сварка и свариваемые материалы. Т.1. Свариваемость материалов. – М.: Metallurgia, 1991. - 527с.
3. Акулов А.И., Бельчук Г.А., Деменцевич В.П. Технология и оборудование сварки плавлением. М.: Машиностроение, 1977. 432 с.
4. ГОСТ 2246-70 Проволока стальная сварочная. - М.: Стандартиформ, 2008 год. – 17 с.
5. ОСТ 26.260.3 - 2001 Сварка в химическом машиностроении. – М.: ОАО «НИИХИММАШ», 2002 год. – 54 с.
6. ГОСТ 16037 – 80 Соединения сварные стальных трубопроводов. - М.: Стандартиформ, 2005 год. – 24 с.
7. ГОСТ 10052 – 75 Электроды покрытые металлические для ручной дуговой сварки. - М.: ИПК Издательство стандартов, 2004 год. – 10 с.
8. ГОСТ 23949 – 80 Электроды вольфрамовые сварочные неплавящиеся. - М.: ИПК Издательство стандартов, 2004 год. – 8 с.
9. ГОСТ 10157 – 2016 Аргон газообразный и жидкий, - М.: Стандартиформ, 2019 год. – 27 с.
10. РД 3688-00220302-003-04 Трубчатые нагревательные печи. Требования к проектированию, изготовлению и эксплуатации. – М.: ОАО «ВНИИНЕФТЕМАШ», 2004 год. – 62 с.
11. РД 26-02-80 – 2004 Змеевики сварные для трубчатых печей. Требования к проектированию, изготовлению и поставке. – М.: ОАО «ВНИИНЕФТЕМАШ», 2007 год. – 84 с.
12. Лапин И.Е. Повышение технологических свойств дуги при сварке неплавящимся электродом в инертных газах. Волгоград.: ВГТУ, 2004. - 373с.

13. Трущенко Е. А. Технические основы сварки давлением и плавлением. Сварка плавлением: учебно-методическое пособие. Национальный исследовательский Томский политехнический университет – Томск, 2010 – 80 с.
14. Видяев И.Г. Серикова Г.Н., Гаврикова Н.А. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. -36с.
15. Процессы и аппараты защиты окружающей среды: Курс лекций по дисциплине «Процессы и аппараты защиты окружающей среды»: Часть 1 / сост. И. Г. Кобзарь, В. В. Козлова. – Ульяновск: УлГТУ, 2007. – 68 с.
16. ГОСТ 12.0.003 – 2015 Опасные и вредные производственные факторы. - М.: Стандартинформ, 2019 год. – 18 с.
17. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий. – М.: Госкомсанэпиднадзор, 2003 – 28 с.
18. СанПин 1.2.3685-21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания
19. ГОСТ 12.1.003-2014. Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности на 2022 год. – М: Издательство стандартов, 2014. – 13 с.
20. ГОСТ 12.1.029 – 80 ССБТ. Средства и методы защиты от шума. Классификация. - М.: ИПК Издательство стандартов, 2001 год. – 4 с.
21. СНиП 23-03-2003. Защита от шума. – М.: Госстрой России, 2004. – 34 с.
22. ГН 2.2.5.1313-03 Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны. – М.: Информационно издательский центр Минздрава России, 2002. – 270 с.
23. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*.

24. ГОСТ 12.1.004-91 Пожарная безопасность. Общие требования. - М.: Стандартиформ, 2006 год. – 68 с.
25. ГОСТ 12.1030 – 81 ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление. - М.: ИПК Издательство стандартов, 2001 год. – 10 с.
26. ГОСТ 12.1.038 – 82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжения прикосновения и токов. - М.: ИПК Издательство стандартов, 2001 год. – 7 с.
27. ГОСТ 12.1.019-2017 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты. - М.: Стандартиформ, 2019 год. – 21 с.