

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

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Разработка технологии сборки и сварки стыков трубопроводов ТЭЦ
УДК 621.791.01.053:621.6073.3:621.311.22.

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-1В61	Петроченко Павел Игоревич		

Руководитель ВКР

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

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

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

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ООД ШБИП	Аверкиев Алексей Анатольевич			

Нормоконтроль

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

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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

Планируемые результаты освоения ООП	
Код компетенции	Наименование компетенции
Универсальные компетенции	
УК(У)-1	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач
УК(У)-2	Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений
УК(У)-3	Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде
УК(У)-4	Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном(-ых) языке(-ах)
УК(У)-5	Способен воспринимать межкультурное разнообразие общества в социально-историческом, этическом и философском контекстах
УК(У)-6	Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни
УК(У)-7	Способен поддерживать должный уровень физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности
УК(У)-8	Способен создавать и поддерживать безопасные условия жизнедеятельности, в том числе при возникновении чрезвычайных ситуаций
УК(У)-9	Способен проявлять предприимчивость в профессиональной деятельности, в т.ч. в рамках разработки коммерчески перспективного продукта на основе научно-технической идеи
Общепрофессиональные компетенции	
ОПК(У)-1	умеет использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования
ОПК(У)-2	осознает сущности и значения информации в развитии современного общества
ОПК(У)-3	владеет основными методами, способами и средствами получения,

	хранения, переработки информации
ОПК(У)-4	способен решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности
Профессиональные компетенции	
ПК(У)-1	способен обеспечивать технологичность изделий и процессов их изготовления; умением контролировать соблюдение технологической дисциплины при изготовлении изделий
ПК(У)-2	способен разрабатывать технологическую и производственную документацию с использованием современных инструментальных средств
ПК(У)-3	способен обеспечивать техническое оснащение рабочих мест с размещением технологического оборудования; умением осваивать вводимое оборудование
ПК(У)-4	способен участвовать в работах по доводке и освоению технологических процессов в ходе подготовки производства новой продукции, проверять качество монтажа и наладки при испытаниях и сдаче в эксплуатацию новых образцов изделий, узлов и деталей выпускаемой продукции
ПК(У)-5	умеет проверять техническое состояние и остаточный ресурс технологического оборудования, организовывать профилактический осмотр и текущий ремонт оборудования
ПК(У)-6	умеет проводить мероприятия по профилактике производственного травматизма и профессиональных заболеваний, контролировать соблюдение экологической безопасности проводимых работ
ПК(У)-7	умеет выбирать основные и вспомогательные материалы и способы реализации основных технологических процессов и применять прогрессивные методы эксплуатации технологического оборудования при изготовлении изделий машиностроения
ПК(У)-8	умеет применять методы стандартных испытаний по определению физико- механических свойств и технологических показателей используемых материалов и готовых изделий
ПК(У)-9	способен к метрологическому обеспечению технологических процессов, к использованию типовых методов контроля качества выпускаемой продукции
ПК(У)-16	способен к систематическому изучению научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по соответствующему профилю подготовки
ПК(У)-17	умеет обеспечивать моделирование технических объектов и технологических процессов с использованием стандартных пакетов и

	средств автоматизированного проектирования, проводить эксперименты по заданным методикам с обработкой и анализом результатов
ПК(У)-18	способен принимать участие в работах по составлению научных отчетов по выполненному заданию и во внедрении результатов исследований и разработок в области машиностроения
ПК(У)-19	способен участвовать в работе над инновационными проектами, используя базовые методы исследовательской деятельности
Профессиональные компетенции университета	
ДПК(У)-1	Способен контролировать соответствие основных и свариваемых материалов, сварочного и вспомогательного оборудования, оснастки и инструмента, технологической документации, соблюдения технологической дисциплины и правильной эксплуатации технологического оборудования
ДПК(У)-2	Способен составлять планы размещения оборудования, технического оснащения и организации рабочих мест, производить расчет производственной мощности и загрузки оборудования
ДПК(У)-3	Способен изучать и анализировать причины возникновения брака и выпуска продукции низкого качества, участие в разработке мероприятий по их предупреждению и устранению

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

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности
 Направление подготовки 15.03.01 Машиностроение
 Отделение электронной инженерии
 Период выполнения весенний семестр 2020 /2021 учебного года

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

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

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

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

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
01.04.2021 г.	Аналитический обзор литературы	10
08.04.2021 г.	Характеристика материала изделия	10
15.04.2021 г.	Выбор способа сварки	10
22.04.2021 г.	Обоснование выбора сварочных материалов	10
30.04.2021 г.	Выбор сварочного оборудования	10
08.05.2021 г.	Разработка технологии сварки	10
16.05.2021 г.	Контроль качества сварных соединений	10
23.05.2021 г.	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	10
30.05.2021 г.	Социальная ответственность	10
02.06.2021 г.	Заключение	10

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

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

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ ИШНКБ	Першина Анна 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
3-1В61	Петроченко Павел Игоревич

Тема работы:

Разработка технологии сборки и сварки стыков трубопроводов ТЭЦ
--

Утверждена приказом директора (дата, номер)	24.03.2021 №83-26/с
---	---------------------

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

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе</p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Объект исследования - процесс сварки трубопроводов ТЭЦ.</p> <p>Рабочая зона – территория предприятия АО Томская генерация (ТЭЦ). Энергоблок №1 в составе двух котлоагрегатов БКЗ-500 и турбины ПТ-140, 5 водогрейных котлов Е-160. Основное топливо: природный газ, резервное – мазут.</p> <p>Область применения – строительство и ремонт ТЭЦ.</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>	<ol style="list-style-type: none"> 1 Характеристики сварной конструкции 2 Выбор и описание способа сварки 3 Выбор сварочных материалов для сварки 4 Расчет режимов сварки 5 Выбор основного сварочного оборудования 6 Технология сборки и сварки трубопроводов ТЭЦ 7 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение 8 Социальная ответственность 9 Заключение
<p>Перечень графического материала</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1 Титульный лист 2 Общий вид конструкции 3 Цели и задачи 4 Сварочные материалы, оборудование и режимы сварки 5 Технология сварки узла трубопровода 6 Технология сварки узла трубопровода 7 Технология сварки узла трубопровода 8 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность; 9 Социальная ответственность 10 Вывод
<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</p>	
<p>Раздел</p>	<p>Консультант</p>
<p>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p>	<p>Трубченко Татьяна Григорьевна</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>Аверкиев Алексей Анатольевич</p>
<p>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и английском языках:</p>	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	01 апреля 2021 г.
---	-------------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ	Киселев Алексей Сергеевич	к.т.н., доцент		01.04.21

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-1В61	Петроченко Павел Игоревич		01.04.21

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

Студенту:

Группа	ФИО
3-1В61	Петроченко Павел Игоревич

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

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

1. <i>Стоимость ресурсов: материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Стоимость выполняемых работ, материальных ресурсов, согласно применяемой техники и технологии, в соответствии с рыночными ценами. Должностной оклад сварщиков
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	Нормы времени на выполнение работ
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов.</i>	В соответствии с налоговым кодексом Российской Федерации

Перечень вопросов, подлежащих разработке:

<i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения исследования с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	Анализ потенциальных потребителей, анализ конкурентных технических решений
<i>Формирование плана и графика разработки проекта</i>	Определение этапов работ; определение трудоемкости работ; разработка графика Ганта
<i>Планирование и формирование бюджета проекта</i>	Определение текущих затрат на сварочные работы
<i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	Сравнительная экономическая оценка способов сварки

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)

1. Карта сегментирования рынка
2. Диаграмма Ганта

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-1В61	Петроченко П.И.		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа 3-1В61	ФИО Петроченко Павел Игоревич
------------------	----------------------------------

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

Тема ВКР:

Разработка технологии сборки и сварки стыков трубопроводов ТЭЦ

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования.	<p>Объект исследования - процесс сварки трубопроводов ТЭЦ.</p> <p>Рабочая зона – территория предприятия АО Томская генерация (ТЭЦ). Энергоблок №1 в составе двух котлоагрегатов БКЗ-500 и турбины ПТ-140, 5 водогрейных котлов Е-160. Основное топливо: природный газ, резервное – мазут.</p> <p>Область применения – строительство и ремонт ТЭЦ.</p>
---	--

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.	<p>Законодательные и нормативные документы по теме: ГОСТ 12.2.033-78; ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ; ГОСТ 12.1.003-2014; СНиП 23-05-95; СанПиН 2.2.4.3359-16; СанПиН 2.2.4.548-96; СН 2.2.4/ 2.1.8.562-96; СН 2.2.4/2.1.8.566-96; ГОСТ 17.1.3.06-82; ГОСТ 17.1.3.13-86; ГОСТ Р ИСО 14040-2010; СанПиН 2.1.6.1032-01; СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03; ГН 2.2.5.3532-18; ГОСТ Р 22.0.01-2016; ГОСТ Р 22.0.07-95; ГОСТ Р 22.3.03-94; ФЗ О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера</p>
2. Производственная безопасность:	<p>Выявить вредные факторы на территории сварочного участка: освещенность, шум, климат, вредные вещества, психофизические факторы (повышенная нагрузка на органы чувств (зрение, слух), тяжелая физическая работа, умственное перенапряжение, монотонность труда, стрессовые эмоциональные перегрузки, высокий уровень интенсивности деятельности, рабочая поза). Предлагаемые средства защиты: наушники, респираторы. Выявить опасные факторы на территории сварочного участка: электрический ток, термические ожоги.</p>

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

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	02.03.2021
--	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ООД ШБИП	Пашков Евгений Николаевич	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-1В61	Петроченко Павел Игоревич		

Реферат

Выпускная квалификационная работа 80 с., 15 рис., 36 табл., 32 источников, 12 листов демонстрационного материала (слайдов).

Ключевые слова: трубопровод ТЭЦ, приспособление для сварки, механизация, автоматическая сварка в среде защитных газов.

Предметом исследования является технология автоматической сварки трубопровода ТЭЦ диаметром 250 мм.

Объектом исследования является процесс автоматической сварки трубопровода ТЭЦ.

Цель работы – разработать и усовершенствовать технологию сборки и сварки трубопровода ТЭЦ.

В процессе работы проводилась разработка и усовершенствование технологического процесса сборки и сварки трубопровода.

В результате исследования и сравнения приемлемых способов сварки была произведена замена механизированной сварки в среде защитных газов на автоматическую сварку в среде защитных газов, при помощи роботизированной ячейки. Разработанное приспособление для сборки и сварки узла трубопровода ТЭЦ должно повысить производительность процесса сварки и снизить вероятность появления дефектов в сварных швах.

Выпускная квалификационная работа бакалавра выполнена в текстовом редакторе Microsoft Word 16 и графическом редакторе КОМПАС-3D V18.1.

Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки

Определения

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями:

Колено крутоизогнутое – колено, изготовленное изгибанием и радиусом от одного до трех номинальных наружных диаметров трубы.

Обозначения и сокращения

ТЭЦ (Теплоэлектростанция) – разновидность тепловой электростанции, которая не только производит электроэнергию, но и является источником тепловой энергии в централизованных системах теплоснабжения (в виде пара и горячей воды, в том числе и для обеспечения горячего водоснабжения и отопления жилых и промышленных объектов).

$d_э$ – диаметр электродной проволоки;

j – допускаемая плотность тока;

α_n – коэффициент наплавки;

F_n – площадь поперечного сечения наплавленного металла за проход;

γ – плотность наплавленного металла за проход;

$I_{св}$ – ток сварочной дуги;

U_d – напряжение дуги;

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

Нормативные ссылки

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

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

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

Оглавление

Введение	17
1 Обзор литературы на сборку и сварку стыка трубопровода ТЭЦ	19
1.1 Описание сварной конструкции	19
1.2 Материал сварной конструкции	20
1.3 Оценка технологической свариваемости материала.....	21
1.4 Описание применяемого способа сварки.....	22
2 Выбор сварочных материалов для автоматической сварки	24
2.1 Выбор основного сварочного оборудования для автоматической сварки.....	25
3 Расчёт параметров режима сварки	28
3.1 Для механизированной сварки.....	28
3.2 Для автоматической сварки	31
4 Технология сборки и сварки трубопровода.....	34
4.1 Заготовительные операции.....	34
4.2 Технологический процесс сборки и сварки.....	35
4.3 Сварочные напряжения и деформации	36
4.4 Дефекты возникающие при сварке трубопровода	38
4.5 Технический контроль качества и исправление брака	41
5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	43
5.1 Потенциальные потребители результатов разработки технологии	43
5.2 SWOT-анализ.....	44
5.3 Планирование проекта.....	47
5.4 Бюджет научного исследования	51
5.5 Расчет норм времени на сварку	55
5.6 Экономическая оценка сравниваемых способов сварки	61
6 Социальная ответственность	69
6.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	69
6.2 Производственная безопасность.....	70
6.3 Охрана окружающей среды.....	78

6.4 Чрезвычайные ситуации	79
Заключение	81
Список использованных источников	82
Приложение А Комплект технологической документации	

Введение

Ведущее место в машиностроении занимает сварочное производство. Многие узлы и детали, входящие в состав изготавливаемых изделий, машин и оборудования и полученные путем литья, штамповки,ковки, резанием, объединяются между собой с помощью технологических процессов сварки. В самом же сварочном производстве передовое место занимает дуговая сварка. Перспективы развития сварочного производства неразрывно связаны с экономическим потенциалом страны и на сегодня выглядят весьма туманно. В настоящее время особое значение приобрела проблема рационального использования всех имеющихся ресурсов сырья, материалов и электроэнергии. Повышение эффективности использования материальных ресурсов имеет большое значение, как для экономики отдельного предприятия, так и для государства в целом. От того насколько рационально и грамотно используются ресурсы зависит как развитие экономики в целом, так и ее отдельных секторов. Результативность использования материальных ресурсов обеспечивает увеличение объемов производимой продукции при тех же размерах материальных затрат, и даже меньших. Одним из основных направлений в решении этой проблемы является применение автоматической и роботизированной сварки. В данной выпускной квалификационной работе рассматривается вопрос сборки и сварки трубопроводов ТЭЦ.

В связи с этим была поставлена задача – разработать технологию поузловой сварки трубопровода и выбор оборудования для реализаций предлагаемой технологий с последующим применением.

Объектом разработки является технология монтажа трубопровода. Предметом разработки является процесс сборки и сварки трубы.

Целью ВКР является разработка технологического процесса сварки трубы с использованием автоматической сварки в среде защитных газов. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- проанализировать базовый вариант;

- проработать и обосновать проектируемый способ сварки трубы;
- провести необходимые расчеты автоматической сварки в среде защитных газов;
- выбрать и обосновать сборочное и сварочное оборудование;
- разработать технологию сварки трубы;
- обосновать экономическую целесообразность разработки проекта;
- сделать анализ и составить рекомендации по охране труда и социальной ответственности на производстве.

В процессе разработки ВКР использованы следующие методы:

- теоретические методы, включающие анализ специальной научной и технической литературы, а также обобщение, сравнение, конкретизацию данных, расчеты;
- эмпирические методы, включающие изучение практического опыта и наблюдение.

1 Обзор литературы на сборку и сварку стыка трубопровода ТЭЦ

1.1 Описание сварной конструкции

При строительстве и ремонте ТЭЦ возможна сварка широкой номенклатуры сложных конфигураций трубопроводов (сварка отводов, тройников, кранов). Предлагается рассмотреть сварку узла трубопровода диаметром 250 мм толщиной стенки 10 мм.

Узел (рисунок 1) состоит из:

- труба $\text{Ø}250$ мм длиной 500 мм - 1 шт;
- отводов 90° $\text{Ø}250$ мм - 1 шт.

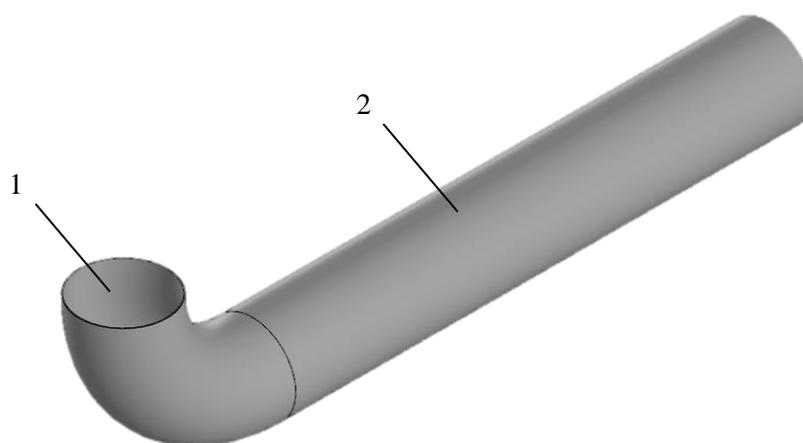


Рисунок 1 – Модель сварной конструкции:

1 – отвод 90° ; 2 – труба $\text{Ø}250$ мм

При эксплуатации трубопровода должны быть обеспечены:

- безопасность трубопроводов и оборудования;
- надежность и экономичность работы всех сооружений и оборудования;
- систематический контроль за работой трубопровода и его объектов и принятие мер по поддержанию установленного режима перекачки;
- организация и своевременное проведение технического обслуживания и ремонта оборудования трубопровода;
- экологическая безопасность объектов трубопровода;

- выполнение мероприятий по организации безопасных условий труда;
- обучение, инструктажи, проверка (аттестация) знаний производственного персонала правил охраны труда и промышленной безопасности;
- готовность к ликвидации аварий, повреждений и их последствий;
- сохранность материальных ценностей на объектах трубопровода [1].

1.2 Материал сварной конструкции

Труба изготовлена из стали 09Г2С. Класс стали К50. В углеродистых конструкционных сталях, широко используемых в машиностроении, судостроении и др., содержание углерода обычно составляет 0,06-0,9 %. Углерод является основным легирующим элементом и определяет механические свойства стали. Повышение его содержания в стали усложняет технологию сварки и затрудняет возможности получения равнопрочного сварного соединения без дефектов. Химический состав и механические свойства стали 09Г2С приведены в таблицах 1 и 2, соответственно.

Таблица 1 – Химический состав стали 09Г2С по ГОСТ 19282-73 [2]

C,%	Si,%	Mn,%	Cr,%	S,%	P,%	Cu,%	Ni,%	As,%	N,%
0,08-0,12	0,5-0,8	1,3-1,7	Не более						
			0,30	0,04	0,035	0,30	0,30	0,08	0,008

Таблица 2 – Механические свойства стали 09Г2С по ГОСТ 19282-73 [2]

σ_T , МПа	σ_B , МПа	δ , %	Ψ , %
350	500	21	55

Стали этой группы для изготовления конструкции обычно применяют в горячекатаном состоянии и меньше – после термообработки.

1.3 Оценка технологической свариваемости материала

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

В зависимости от эквивалентного содержания углерода и связанной с этим склонности к закалке и образованию трещин стали по свариваемости делят на четыре группы: хорошо, удовлетворительно, ограниченно и плохо сваривающиеся стали.

Ориентировочным количественным показателем свариваемости стали, известного химического состава является эквивалентное содержание углерода. Воспользуемся методикой определения полного эквивалента углерода [3] для нахождения необходимого подогрева:

$$\Sigma C_y = C_y + C_p, \quad (1)$$

где C_y - химический эквивалент углерода,

C_p - размерный эквивалент углерода.

$$C_y = \left(C + \frac{Mn}{6} + \frac{(Cr+V)}{5} + \frac{Mo}{4} + \frac{Ni}{15} + \frac{Cu}{13} + \frac{P}{2} \right), \% \quad (9)$$

где C, Mn, Cr, Mo, Ni, Cu, P - процентное содержание легирующих элементов в металле шва.

Найдем C_y для стали 09Г2С по формуле (9):

$$C_y = \left(0,09 + \frac{1,5}{6} + \frac{0,3}{5} + \frac{0,3}{15} + \frac{0,3}{13} + \frac{0,035}{2} \right) = 0,46\% .$$

Определим размерный эквивалент углерода по формуле указанной в [3]:

$$C_p = 0,005 \times S \times C_y, \quad (10)$$

где S - толщина свариваемой стали, тогда подставив значения в формулу, получим:

$$C_p = 0,005 \times 10 \times 0,46 = 0,023\% .$$

Находим суммарный эквивалент углерода C_y :

$$\Sigma C_y = C_y + C_p. \quad (11)$$

Подставляем значения и получаем:

$$\sum C_s = 0,46 + 0,023 = 0,483\% .$$

Сталь 09Г2С относится к малоуглеродистым сталям и сваривается без ограничений и сопутствующего подогрева [3].

1.4 Описание применяемого способа сварки

Автоматическая сварка в среде защитных газов на данный момент является одним из основных вариантов серийного производства сварных изделий. Это вполне оправдано теми факторами, что автоматика позволяет достичь высокой производительности, скорости создания деталей и достойного качества. В то же время сама технология применения защитных газов становится гарантией качества, так как именно данный метод считается одним из самых надежных. Хотя себестоимость применения газовой защиты выше, чем у ручной дуговой сварки, она дает более надежное соединение.

Правильная настройка параметров автомата дает возможно исключить появление дефектов из-за человеческой неаккуратности. После подбора параметров, техника будет проводить сварку одинаково во всех случаях.

Преимущества:

- высокая производительность процесса сварки;
- отсутствие негативного человеческого фактора;
- высокое качество сварных швов;
- обслуживание автомата не требуется большого количества людей.

Недостатки:

- при ошибке в параметрах, брак распространится на всю серию изделий;
- техника имеет ограниченный предел настроек, не все параметры можно подобрать;
- высокая стоимость оборудования.

Главным отличием от механизированной сварки является то, что установка обладает системой управления, которая помогает проводить все

процедуры без участия человека. В ней имеется ряд параметров, которые нужно выставлять для создания соответствующего режима. Настройка является одним из самых сложных процессов [4].

2 Выбор сварочных материалов для автоматической сварки

При сварке низкоуглеродистых сталей для защиты металла шва широко используется углекислый газ. Аргон и гелии для этих целей применяют ограниченно. Сварка в углекислом газе выполняется плавящимся электродом. Основной особенностью полуавтоматической сварки в углекислом газе является использование электродных проволок с повышенным содержанием элементов раскислителей, компенсирующих их выгорание в зоне сварки (таких как Mn и Cr). Согласно рекомендациям литературы [5], чаще всего для сварки низкоуглеродистых сталей используют проволоки Св-08Г2, Св-08ГС и Св-08Г2С. Для стали 09Г2С будем использовать проволока Св-08Г2С т.к. в ней оптимальное соотношение кремния и марганца. Химический состав и механические свойства проволоки Св-08Г2С приведены в таблицах 3 и 4, соответственно.

Таблица 3 – Химический состав проволоки Св-08Г2С, % по ГОСТ 2246-70 [6]

С	Mn	Si	Cr	Ni	S	P
0,05 - 0,11	1,8 - 2,1	0,7 - 0,95	0,20	0,25	0,025	0,03

Таблица 4 – Механические свойства металла шва, выполненного проволокой Св - 08Г2С [6]

σ_T , МПа	σ_B , МПа	δ , %	ψ , %
300	500	22	50

Углекислый газ поставляется по ГОСТ 8050-85 [7]. Для сварки используют сварочную углекислоту высшего и первого сортов, которые отличаются лишь содержанием паров воды (соответственно 0,037 и 0,184 г/см³ при 20°С и давлении 0,1 МПа). Углекислоту транспортируют и хранят в стальных баллонах или цистернах большой ёмкости в жидком состоянии с последующей газификацией на заводе, с централизованным снабжением

сварочных постов через рампы. В баллоне вместимостью 40 л содержится 25 кг CO_2 , дающего при испарении $12,5 \text{ м}^3$ газа при давлении 0,1 МПа (760 мм рт. ст.). Баллон окрашен в черный цвет, надписи жёлтого цвета.

На свойство металла шва значительное влияние оказывает качество углекислого газа. При повышенном содержании в нем азота и водорода могут образовываться поры даже при хорошей защите дуги от воздуха и надлежащем количестве кремния и марганца в сварочной ванне.

Выбираем углекислый газ высшего сорта (таблица 5). Это связано с меньшим содержанием в нем водных паров.

Таблица 5 – Состав углекислого газа (сорт высший) по ГОСТ 8050-85 [8]

Газ	Ar, %	He, %	O ₃ , %	N ₂ , %	H ₂ , %	CO ₂ , %	углеводороды, %	водяных паров, %
CO ₂	-	-	-	-	-	99,8	-	0,037

2.1 Выбор основного сварочного оборудования для автоматической сварки

Для сварки типовых узлов трубопровода ТЭЦ предлагается создать роботизированную универсальную сварочную ячейку (рисунок 2).

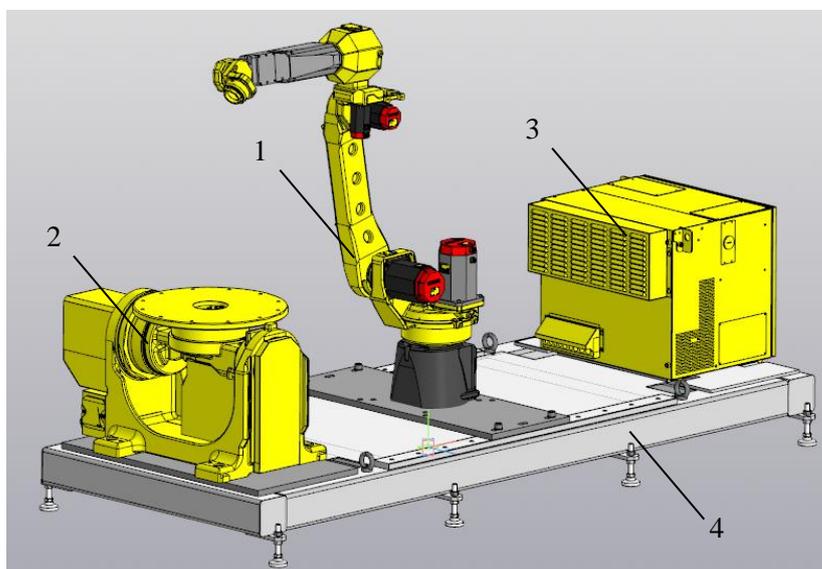


Рисунок 2 – Роботизированная сварочная ячейка

В состав оборудования сварочной ячейки входит:

- промышленный робот Fanuc M-20ia (1);
- позиционер ABB MTD 500 (2);
- контроллер ABB IRC5 (3);
- опорная рама (4);

Технические характеристики компонентов сварочной ячейки приведены в таблицах 6-7.

Таблица 6 – Технические характеристики робота Fanuc M-20ia

Модель	M-20iA
Комплектация	Стандартный шестиосевой робот, версия с полным запястьем
Оси	6
Грузоподъемность	20 кг
Достигаемость	1811 мм

Таблица 7 – Технические характеристики позиционера ABB MTD 500

Максимальная нагрузка	600 кг
Максимальный крутящий момент	650 Нм
Монтажное положение	Напольное
Защита	IP 65

В качестве сварочного оборудования, позволяющего интегрировать аппарат в систему управления робота, рекомендуется использовать ESAB AristoMIG 5000i (таблица 8).

Таблица 8 – Технические характеристики сварочного аппарата ESAB AristoMIG 5000i

Характеристика	Значение
Напряжение сети, В/Гц	3x400/50-60
Предохранитель, А	35
Сетевой кабель, мм ²	4x6
Макс. ток при ПВ 60%, А	500
Макс. ток при ПВ 35%, А	400
Диапазон регулир. MIG, А	16-500
Диапазон регулир. MMA, А	16-500
Напряжение холостого хода, В	72-88
Масса, кг	66
Производитель	ESAB, Швеция

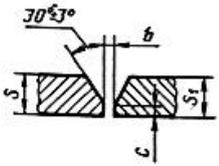
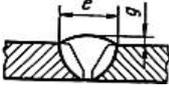
3 Расчёт параметров режима сварки

3.1 Для механизированной сварки

При сварке участка трубы и форма разделки принимается согласно ГОСТ 16037-80 [8], для толщины 10 мм выбирается тип С17.

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

Таблица 9 – Конструктивные элементы сварного соединения по ГОСТ 16037-80 [8]

Условное обозначение сварного	Конструктивные элементы		b		c		e		g	
	Подготовка кромок сварных деталей	Шва сварного соединения	Номин. мм.	Номин. мм.	Предел откл. мм.	Предел откл. мм.	Номин. мм.	Предел откл. мм.	Номин. мм.	Предел откл. мм.
C17			2	+1	1	±0,5	18	+4	2	+2 -1,5

Расчет режимов сварки производится согласно методике [9]. Для определения числа проходов найдем общую площадь поперечного сечения наплавленного металла.

Площадь наплавленного металла рассчитывается следующим образом [9]:

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

где h, b, S, g, e – геометрические параметры разделки, определяемые в соответствии с ГОСТ 16037-80 [8], тогда подставим значения в формулу (5), получим:

$$F_H = 11^2 \times tg30 + 2 \times 10 + 0,73 \times 2 \times 18 = 120 \text{ мм}^2.$$

Общую площадь поперечного сечения наплавленного и расплавленного металлов найдем по формуле [9]:

$$F = 0,73 \times e \times (S + g) = 0,73 \times 18 \times (10 + 2) = 171 \text{ мм}^2. \quad (6)$$

Находим площадь поперечного сечения проплавленного металла по формуле:

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

Назначаем три прохода:

первый проход (корень шва) $F = 20 \text{ мм}^2$;

второй проход (заполняющий) $F = 60 \text{ мм}^2$;

третий проход (облицовочный) $F = 40 \text{ мм}^2$.

Принимаем диаметр проволоки $d_3 = 1,2 \text{ мм}$,
тогда:

$$I_{\text{св}} = \frac{\pi \cdot d_3^2}{4} \cdot j_3 = \frac{3,14 \cdot 1,2^2}{4} \cdot 120 = 136 \text{ А}. \quad (15)$$

Принимаем для первого прохода: $I_{\text{св}} = 140 \text{ А}$.

Принимаем для второго прохода: $I_{\text{св}} = 200 \text{ А}$.

Принимаем для третьего прохода: $I_{\text{св}} = 160 \text{ А}$.

Для принятого диаметра электрода и силы сварочного тока определим оптимальное напряжение дуги:

$$U_d = 20 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{d_3^{0,5}} \cdot I_{\text{св}} \pm 1, \quad (16)$$

тогда:

$$U_d = 20 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{1,2}} \cdot 140 \pm 1 = 26 \pm 1 \text{ В}.$$

Определим коэффициент формы провара:

$$\psi_{\text{пр}} = k' \cdot (19 - 0,01 \cdot I_{\text{св}}) \cdot \frac{d_3 \cdot U_d}{I_{\text{св}}}, \quad (17)$$

где k' - коэффициент, величина которого зависит от рода тока и полярности.

Согласно [9], величина коэффициента k' при плотности тока $j < 120 \text{ А/мм}^2$ при сварке постоянным током обратной полярности:

$$k' = 0,367 \cdot j^{0,1925}, \quad (18)$$

таким образом:

$$\psi_{np} = 0,367 \cdot 120^{0,1925} \cdot (19 - 0,01 \cdot 140) \cdot \frac{1,2 \cdot 26}{140} = 3,095,$$

α_n – коэффициент наплавки. Его можно определить по формуле, согласно [9]:

$$\alpha_n = \alpha_p \cdot (1 - \psi_n), \quad (19)$$

где:

$$\psi_n = -4,72 + 17,6 \cdot 10^{-2} \cdot j - 4,48 \cdot 10^{-4} \cdot j^2, \quad (20)$$

тогда:

$$\psi_n = -4,72 + 17,6 \cdot 10^{-2} \cdot 120 - 4,48 \cdot 10^{-4} \cdot 120^2 = 9,5\%,$$

$$\alpha_p = 9,05 + 3,1 \cdot 10^{-3} \cdot \sqrt{120} \cdot \frac{1,5}{0,12^2} = 12,6, \quad (21)$$

где l – вылет электродной проволоки. Согласно рекомендациям, предложенным в [9], он равен 15 мм, тогда

$$\alpha_n = \alpha_p \cdot (1 - \psi_n) = 12,6 \cdot (1 - 0,095) = 12,6 \cdot 0,905 = 11,4. \quad (22)$$

Скорость сварки определим по формуле:

$$V_{св} = \frac{\alpha_n \cdot I_{св}}{3600 \cdot \gamma \cdot F_n}, \quad (23)$$

тогда для первого прохода:

$$V_{св} = \frac{11,4 \cdot 140}{3600 \cdot 7,8 \cdot 0,2} = 0,28 \text{ см/с} = 10 \text{ м/ч}.$$

Для второго прохода:

$$V_{св} = \frac{11,4 \cdot 200}{3600 \cdot 7,8 \cdot 0,6} = 0,14 \text{ см/с} = 5 \text{ м/ч}.$$

Для третьего прохода:

$$V_{св} = \frac{11,4 \cdot 160}{3600 \cdot 7,8 \cdot 0,4} = 0,14 \text{ см/с} = 5 \text{ м/ч}.$$

Определяем скорость подачи электродной проволоки по формуле:

$$V_{нэл} = \frac{\alpha_p \cdot I_{св}}{3600 \cdot \gamma \cdot F_{эл}}. \quad (24)$$

Для первого прохода:

$$V_{нэл} = \frac{12,6 \cdot 140}{3600 \cdot 7,8 \cdot 2,5 \cdot 10^{-2}} = 2,5 \text{ см/с} = 90 \text{ м/ч}.$$

Для второго прохода:

$$V_{нэл} = \frac{12,6 \cdot 200}{3600 \cdot 7,8 \cdot 2,5 \cdot 10^{-2}} = 3,6 \text{ см/с} = 129 \text{ м/ч}.$$

Для третьего прохода:

$$V_{нэл} = \frac{12,6 \cdot 160}{3600 \cdot 7,8 \cdot 2,5 \cdot 10^{-2}} = 2,87 \text{ см/с} = 103 \text{ м/ч}.$$

3.2 Для автоматической сварки

Назначаем два прохода:

первый проход (корень шва) $F = 30 \text{ мм}^2$,

второй проход (заполняющий) $F = 90 \text{ мм}^2$.

Принимаем диаметр проволоки $d_3 = 1,6 \text{ мм}$,

тогда:

$$I_{св} = \frac{\pi \cdot d_3^2}{4} \cdot j_3 = \frac{3,14 \cdot 1,6^2}{4} \cdot 200 = 300 \text{ А}. \quad (15)$$

Для принятого диаметра электрода и силы сварочного тока определим оптимальное напряжение дуги:

$$U_d = 20 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{d_3^{0,5}} \cdot I_{св} \pm 1, \quad (16)$$

тогда:

$$U_d = 20 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{1,6}} \cdot 300 \pm 1 = 32 \pm 1 \text{ В}.$$

Определим коэффициент формы провара:

$$\psi_{np} = k' \cdot (19 - 0,01 \cdot I_{св}) \cdot \frac{d_э \cdot U_0}{I_{св}}, \quad (17)$$

где k' - коэффициент, величина которого зависит от рода тока и полярности.

Согласно [9], величина коэффициента k' при плотности тока $j > 120$ А/мм² при сварке постоянным током обратной полярности:

$$k' = 0,367 \cdot j^{0,1925}, \quad (18)$$

таким образом:

$$\psi_{np} = 0,367 \cdot 150^{0,1925} \cdot (19 - 0,01 \cdot 300) \cdot \frac{1,6 \cdot 32}{300} = 2,63,$$

α_n – коэффициент наплавки. Его можно определить по формуле, согласно [9]:

$$\alpha_n = \alpha_p \cdot (1 - \psi_n), \quad (19)$$

где:

$$\psi_n = -4,72 + 17,6 \cdot 10^{-2} \cdot j - 4,48 \cdot 10^{-4} \cdot j^2, \quad (20)$$

тогда:

$$\psi_n = -4,72 + 17,6 \cdot 10^{-2} \cdot 150 - 4,48 \cdot 10^{-4} \cdot 150^2 = 11,6 \%,$$

$$\alpha_p = 9,05 + 3,1 \cdot 10^{-3} \cdot \sqrt{150} \cdot \frac{1,5}{0,16^2} = 11,3, \quad (21)$$

где l - вылет электродной проволоки. Согласно рекомендациям, предложенным в [9], он равен 15 мм, тогда

$$\alpha_n = \alpha_p \cdot (1 - \psi_n) = 11,3 \cdot (1 - 0,113) = 11,3 \cdot 0,887 = 10. \quad (22)$$

Скорость сварки определим по формуле:

$$V_{св} = \frac{\alpha_n \cdot I_{св}}{3600 \cdot \gamma \cdot F_H}, \quad (23)$$

тогда для первого прохода:

$$V_{св} = \frac{10 \cdot 300}{3600 \cdot 7,8 \cdot 0,3} = 0,36 \text{ см/с} = 21 \text{ м/ч}.$$

Для второго прохода:

$$V_{св} = \frac{10 \cdot 300}{3600 \cdot 7,8 \cdot 0,6} = 0,12 \text{ см / с} = 7 \text{ м / ч}.$$

Определяем скорость подачи электродной проволоки по формуле:

$$V_{нэл} = \frac{\alpha_p \cdot I_{св}}{3600 \cdot \gamma \cdot F_{эл}}. \quad (24)$$

Для первого и второго прохода:

$$V_{нэл} = \frac{11,3 \cdot 300}{3600 \cdot 7,8 \cdot 2 \cdot 10^{-2}} = 6 \text{ см / с} = 362 \text{ м / ч}.$$

4 Технология сборки и сварки трубопровода

4.1 Заготовительные операции

Трубы и детали трубопроводов должны пройти входной контроль. До начала работ следует проверить наличие сертификатов (паспортов) на трубы, детали и запорную арматуру и все сварочные материалы, которые будут использованы для сооружения объекта, а также соответствие маркировки (клейм) обозначениям, указанным в сертификатах (паспортах).

При отсутствии клейм, маркировки, сертификатов (или других документов, удостоверяющих их качество) трубы и детали трубопроводов к сборке и сварке не допускаются [10].

При визуальном контроле поверхности труб, включая зоны заводских продольных и спиральных швов, должны быть выявлены недопустимые дефекты, вид и размеры которых определены техническими условиями на поставку труб.

Трубы и детали трубопроводов с недопустимыми дефектами к сборке не допускаются.

На поверхности труб или деталей не допускаются:

- трещины, плены, рванины, закаты любых размеров;
- царапины, риски и задиры глубиной более 0,2 мм;
- местные перегибы, гофры и вмятины;
- расслоения на концах труб

К сборке стыков труб не допускаются трубы с отремонтированными заводскими швами и выправленными вмятинами [10].

Следует проверить перпендикулярность свариваемого торца по угольнику. Отклонение свариваемого торца от угольника для труб, деталей и арматуры должно быть не выше значений, регламентированных техническими условиями. Следует проверить соответствие формы, размеров и качества подготовки свариваемых кромок, в том числе расточки («нутрения») под заданный внутренний диаметр, требованиям технологической карты. Точность обработки фасок под сварку и размеры разделки проверяют инструментально.

Перед сборкой труб необходимо очистить внутреннюю полость труб и деталей трубопроводов от попавшего грунта, снега и т.п. загрязнений, а также механически очистить до металлического блеска кромки и прилегающие к ним внутреннюю и наружную поверхности труб, деталей трубопроводов, патрубков арматуры на ширину не менее 10 мм. Следует проверить качество зачистки наружной и внутренней поверхностей свариваемых торцов [10].

Следует проверить соответствие минимальной фактической толщины стенки в зоне свариваемых торцов допускам, установленным ТУ на поставку труб после расточки (нутрения) под заданный внутренний диаметр [10].

Обработку (переточку) кромок под сварку следует производить преимущественно механическим способом с помощью резцов, фрез или абразивного круга. В случае необходимости свариваемые торцы разрешается обрабатывать кислородной, плазменно-дуговой или воздушно-дуговой резкой с последующей зачисткой кромок до чистого металла [10].

4.2 Технологический процесс сборки и сварки

Сварка трубы производится во вращателе, поэтому выполняется непрерывный шов по всему диаметру стыка. Чтобы стыки участков («замки» швов) в соседних слоях не совпадали, а были смещены один относительно другого. Размер смещения и перекрытия a (рисунок 3) при сварке должен быть не менее 12-18 мм [11].

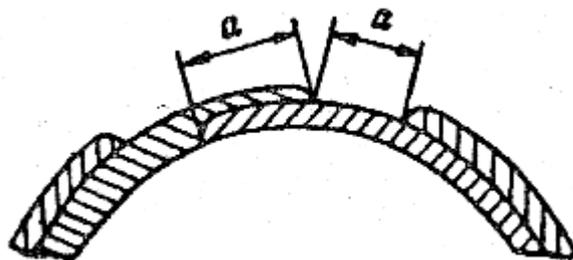


Рисунок 3 – Схема наложения «замков» швов [11]

Схема выполнения корневого шва показана на рисунке 4.

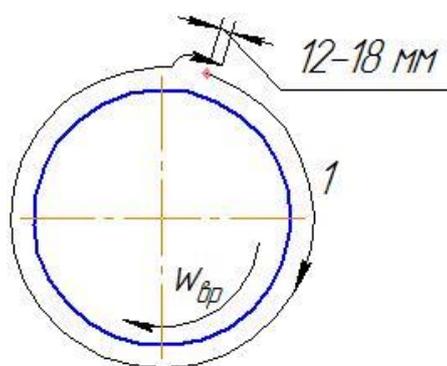


Рисунок 4 – Схема сварки корневого шва

После сварки первого слоя, делаем отступ 12-18 мм и начинаем сварку заполняющего слоя как показано на рисунке 5.

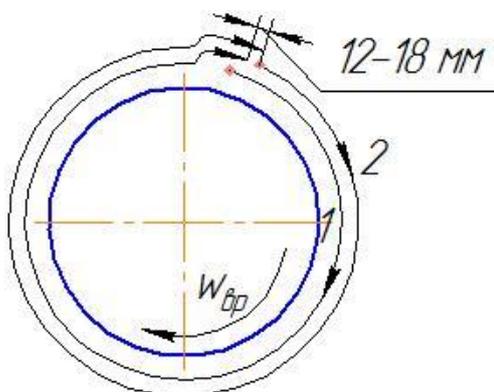


Рисунок 5 – Схема сварки второго шва

Технология сборки и сварки описана в комплекте технологической документации ФЮРА.200000.023 в приложение А.

4.3 Сварочные напряжения и деформации

Различают:

- тепловые напряжения, вызванные неравномерным распределением температуры при сварке;
- структурные напряжения, возникающие вследствие структурных превращений, сопровождающиеся переохлаждением аустенита в околошовной зоне и образования продуктов закалки мартенсита.

В зависимости от времени существования собственных напряжений и деформаций различают:

- временные, существующие в конструкции лишь в определенный момент времени;

- остаточные, остаются в изделии после снятия нагрузки.

В зависимости от размеров области, в пределах которой имеют место и взаимно уравниваются внутренние напряжения, различают:

- напряжение I рода - уравниваются в крупных объемах соизмеримых с размерами изделий или отдельных его частей;

- напряжение II рода - уравниваются в микрообъеме тела в пределах одного или нескольких зерен;

- напряжения III рода - уравниваются в объемах соизмеримых с атомной решеткой и связаны с искажениями атомной решетки.

Напряжения также можно разделить по направлению действия:

- продольные вдоль оси шва;

- поперечные перпендикулярно оси шва.

По виду напряженного состояния сварочные швы бывают:

- линейные (одноосные);

- плоскостные (двухосные);

- объемные (трехосные) [11].

Меры борьбы со сварочными деформациями и напряжениями. Весь комплекс борьбы со сварочными напряжениями и деформациями можно разделить на 2 группы:

- мероприятия, предотвращающие вероятность возникновения деформаций и напряжений или уменьшающих влияние: к таким мероприятиям можно отнести: последовательность сварки, закрепление, предварительный обратный выгиб, подогрев, интенсивное охлаждение свариваемых изделий;

- мероприятия, обеспечивающие последующее исправление деформаций и снятие напряжений: к таким мероприятиям можно отнести: механическая правка, проковка шва, термообработка, также можно предотвратить сварочные

деформации за счет правильного выбора сварочных материалов, режимов сварки, минимальное вложение погонной энергии и правильное определение способа сварки.

4.4 Дефекты возникающие при сварке трубопровода

В сварочном производстве различают дефекты подготовки изделий под сварку и дефекты, возникающие в процессе сварки. Сварочные дефекты могут быть наружными и внутренними. Неразрушающие методы контроля применяют, как правило, для определения внутренних макроскопических дефектов. Наружные дефекты сварки обычно выявляют внешним осмотром [11].

Допущенные дефекты при подготовке и сборке приводят к появлению собственно сварочных дефектов. Наиболее характерные дефекты этого типа: неправильный угол скоса кромок в швах; слишком большое или малое притупление по длине стыкуемых кромок; непостоянство зазора между кромками; несовпадение стыкуемых плоскостей кромок; расслоения и загрязнения на кромках и т. п.

Причинами подобных дефектов могут быть неисправности оборудования, применяемого для изготовления заготовок и приспособлений для сборки, недоброкачественность исходных материалов, низкая квалификация обслуживающего персонала [11].

Правильность сборки контролируют внешним осмотром и геометрическими измерениями с помощью шаблонов и специализированного инструмента.

Форма и размеры швов задаются техническими условиями. При сварке плавлением, как правило, регламентируют ширину и выпуклость шва, число проходов и глубину проплавления. Швы могут иметь неравномерность, которая появляется вследствие неустойчивого режима сварки, неравномерности зазора и угла скоса кромок. Неправильная форма швов является следствием неточного направления электрода относительно разделки. В случае недостаточной скорости подачи электродной проволоки при данной скорости сварки,

увеличения угла скоса кромок или зазора между ними, протекания металла в зазор возникает так называемая неполномерность сварных швов. В местах расположения прихваток из-за нестабильности сварочного процесса появляется неравномерность шва.

Поры образуются при сварке загрязненных кромок металла, т. е. при плохой зачистке от окалины, ржавчины. Поры и шлаковые включения образуются часто вследствие недостаточного сварочного тока и чрезмерно большой скорости сварки. Размеры пор и шлаковых включений колеблются от нескольких микрометров до нескольких миллиметров. Форма их обычно сферическая. Шлаковые включения могут располагаться на границе оплавления основного металла с наплавленным, непровары чаще всего — в корне шва. Шлаковые включения могут вызвать местную концентрацию напряжений и снизить прочность соединения. Встречаются микроскопические шлаковые включения — загрязнения в виде нитридов, сульфидов, легкоплавких эвтектик, оксида железа [11].

На поверхности сварных швов образуются подрезы, представляющие собой углубления в основном металле, появляющиеся в процессе сварки вдоль края шва. Подрезы уменьшают сечения изделия, вызывают концентрацию напряжений и могут стать причиной разрушения швов.

При обрыве дуги образуются кратеры в виде углублений, которые уменьшают рабочее сечение шва, снижают его прочность и коррозионную стойкость. Часто кратер служит очагом появления трещин.

В результате большого сварочного тока, чрезмерно высокой погонной энергии образуются прожоги. Место прожога должно быть повторно заварено. Наиболее часто встречающиеся дефекты — это поры. Часть из них выходит на поверхность. Из канальных пор обычно развиваются свищи, т. е. сквозные дефекты. Поверхностные дефекты можно обнаружить визуально и исправить. Если допускаются небольшие дефекты формирования, то это должно быть оговорено в инструкциях и технических условиях на изготовление данного

изделия. Значительное количество поверхностных дефектов обычно указывает на наличие и внутренних дефектов [11].

К внутренним дефектам, нарушающим сплошность сварного соединения, можно отнести поры, трещины, непровары, несплавления и др.

Трещины являются весьма опасными дефектами, так как создают резкую концентрацию напряжений. Трещины появляются при сварке высокоуглеродистых и легированных сталей в результате слишком быстрого охлаждения.

Иногда трещины возникают при охлаждении сваренных заготовок на воздухе. Они могут располагаться вдоль и поперек сварного соединения, а также в основном металле, в месте сосредоточения швов и приводить к разрушению сварной конструкции. Сварные соединения с трещинами подлежат исправлению [11].

Несплавления кромок основного металла с наплавленным или слоев шва между собой при многослойной сварке называют непроваром, представляющим собой несплошность между основным и наплавленным металлом.

Непровары чаще всего образуются при небольшом зазоре между кромками и малом угле их скоса, завышенном притуплении и загрязнении кромок, неточном направлении электродной проволоки относительно места сварки, недостаточном сварочном токе или чрезмерно большой скорости сварки. Они снижают работоспособность сварного соединения за счет ослабления рабочего сечения, создают концентрацию напряжений в шве.

Упомянутые выше дефекты встречаются при сварке плавлением. Они уменьшают рабочее сечение шва, создают концентрацию напряжений и способствуют ускоренному разрушению конструкции. Если в сварном соединении сосудов и трубопроводов имеются сквозные дефекты, то через них происходит утечка жидкостей и газов [11].

4.5 Технический контроль качества и исправление брака

Визуальному контролю подвергаются все законченные сварные соединения, на которые распространяется РД 153-34.1-003-01 [11].

Перед визуальным контролем сварные швы и прилегающая к ним поверхность основного металла шириной не менее 20 мм (по обе стороны шва) должны быть очищены от шлака, брызг расплавленного металла, окалины и других загрязнений.

Визуальный контроль производится невооруженным глазом или с помощью лупы 4–7 кратного увеличения для участков, требующих уточнения характеристик обнаруженных дефектов, с применением, при необходимости, переносного источника света.

Недопустимыми дефектами, выявленными при визуальном контроле сварных соединений, являются:

- трещины всех видов и направлений;
- непровары (несплавления) между основным металлом и швом, а также между валиками шва;
- наплывы (натеки) и брызги металла;
- незаваренные кратеры;
- свищи;
- прожоги;
- скопления и включения пор.

Выявленные при визуальном и измерительном контроле дефекты, которые могут быть исправлены (удалены) без последующей заварки выборок, должны быть исправлены до проведения контроля другими методами.

Измерительный контроль сварных соединений (определении размеров швов, смещения кромок, перелом осей, углублений между валиками, чешуйчатости поверхности швов и др.) следует выполнять в местах, где допустимость этих показателей вызывает сомнения при визуальном контроле,

если в ПТД нет других указаний. Размеры и форма шва проверяются с помощью шаблонов, размеры дефекта с помощью мерительных инструментов.

Контроль проводится сварщиком после зачистки поверхности. Результаты контроля считаются удовлетворительными, если не обнаружены трещины, незаваренные прожоги и кратеры, скопления, поверхностные поры (включения), превышающие нормы, и другие дефекты, свидетельствующие о нарушении режима сварки или о недоброкачественности сварочных материалов. При обнаружении недопустимых дефектов вопрос о продолжении сварки или способе исправления дефектов должен решать руководитель сварочных работ [11].

5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

В данном разделе необходимо определить экономическую целесообразность сборки и сварки стыков трубопровода ТЭЦ.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

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

5.1 Потенциальные потребители результатов разработки технологии

Выпускная квалификационная работа по теме «Разработка технологии сборки и сварки стыков трубопроводов ТЭЦ» выполняется для организации АО Томская генерация (ТЭЦ-3). Заинтересованными лицами в полученных данных будут являться сотрудники организации. Суть работы заключается в замене текущей технологии сварки стыков (механизованная сварка в среде защитных газов) на более производительный способ автоматической сварки в среде защитных газов.

Сегментируем рынок потребления продукции в зависимости от отрасли, размера компании. Карта представлена в таблице 10.

Таблица 10 – Карта сегментирования по отраслям промышленности

Параметр		Отрасль			
		Нефтяная	Энергитическая	Химическая	Пищевая
Размер компании	Крупные				
	Средние				
	Мелкие				
Уровень потребления продукции	Высокий				
	Средний				
	Низкий				

Из таблицы видно, что основными сегментами являются крупные и средние компании нефтяной и энергитических отраслей с высоким и средним уровнем использования на территории своих объектов. Следовательно, эти компании являются наиболее заинтересованными в результатах исследования.

5.2 SWOT-анализ

В этом разделе необходимо выявить сильные и слабые стороны научного проекта, а также возможности и угрозы для его дальнейшей реализации.

Первый этап – опишем сильные и слабые стороны проекта, в выявлении возможностей и угроз для реализации проекта (таблица 11).

Таблица 11 – SWOT – анализ

	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>С1. Финансирование из государственного бюджета.</p> <p>С2. Возможность практического внедрения результатов исследования в энергетическую промышленность</p> <p>С3. Отсутствие конкурентов по способности к высокой степени роботизации процессов</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>Сл1. Высокая стоимость трубных образцов</p> <p>Сл2. Использование дорогостоящего оборудования</p>
--	---	---

Продолжение таблицы 11

<p>Возможности: В1. Заключение соглашения между НИ ТПУ и АО «Томская генерация» о взаимной помощи в этом исследовании. В2. Приобретение дополнительного оборудования на кафедру ОТСП ТПУ</p>		
<p>Угрозы: У1. Закрытие проекта в связи с нехваткой финансов и материальной базы (специального оборудования) для проведения исследования. У2. Выход из строя труднодоступных и дорогостоящих элементов оборудования.</p>		

Второй этап – выявим соответствие сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды (таблицы 12-15).

Таблица 12 – Интерактивная матрица проекта (возможности и сильные стороны проекта)

Сильные стороны проекта				
Возможности		C1	C2	C3
	B1	+	+	-
проекта	B2	+	+	0

Вывод по таблице 12: коррелирующие сильные стороны и возможности проекта – B1C1C2, B2C1C2.

Таблица 13 – Интерактивная матрица проекта (возможности и слабые стороны проекта)

Слабые стороны проекта			
Возможности проекта		Сл1	Сл2
	B1	0	–
	B2	+	–

Вывод по таблице 13: коррелирующие слабых сторон и возможностей проекта – В2Сл1.

Таблица 14 – Интерактивная матрица проекта (угрозы и сильные стороны проекта)

Сильные стороны проекта				
Угрозы проекта		С1	С2	С3
	У1	–	+	-
	У2	+	0	+

Вывод по таблице 14: коррелирующие сильных сторон и угроз проекта, У1С2, У2С1С3.

Таблица 15 – Интерактивная матрица проекта (угрозы и слабые стороны проекта)

Слабые стороны проекта			
Угрозы проекта		Сл1	Сл2
	У1	0	–
	У2	+	0

Вывод по таблице 15: коррелирующие слабых сторон и угроз проекта – У2Сл1.

Выявив соответствия сильных и слабых сторон научно исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды, можно определить потребность в проведении стратегических изменений.

Третий этап – составим итоговую матрицу SWOT-анализа (таблица 16).

Таблица 16 – SWOT – анализ

	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>С1. Финансирование из государственного бюджета.</p> <p>С2. Возможность практического внедрения результатов исследования в энергетическую промышленность</p> <p>С3. Отсутствие конкурентов по способности к высокой степени роботизации процессов</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>Сл1. Высокая стоимость трубных образцов</p> <p>Сл2. Использование дорогостоящего оборудования</p>
<p>Возможности:</p> <p>В1. Заключение соглашения между НИ ТПУ и АО «Томская генерация» о взаимной помощи в этом исследовании.</p> <p>В2. Приобретение дополнительного оборудования на кафедру ОТСП ТПУ</p>	<p>В1С1С2 – ускорение темпов внедрения результатов исследования в производство</p> <p>В2С1С2 – расширение спектра исследуемых материалов, уменьшение себестоимости исследования</p>	<p>В2Сл1 – увеличение себестоимости исследования</p>
<p>Угрозы:</p> <p>У1. Закрытие проекта в связи с нехваткой финансов и материальной базы (специального оборудования) для проведения исследования.</p> <p>У2. Выход из строя труднодоступных и дорогостоящих элементов оборудования.</p>	<p>У1С2 – получение финансирования непосредственно от компании, заинтересованной в исследовании</p> <p>У2С1С3 – проявление интереса к исследованию у других кафедр и компаний</p>	<p>У2Сл1 – исследование материалов-аналогов трубных сталей, имеющих похожие свойства, но более низкую стоимость, например, пластмасс</p>

В результате проведенного SWOT-анализа были рассмотрены сильные и слабые стороны проекта, а реальных угроз, которые могут помешать реализации проекта выявлено не было, также возможности открывают хорошие перспективы для применения разработки в промышленности.

5.3 Планирование проекта

5.3.1 План проекта

При создании нового технологического процесса необходимо правильно планировать сроки выполнения отдельных этапов работ, учитывать расходы на

материалы, заработную плату. А также оценивать наиболее правильный вариант разработки процесса.

В первую очередь определяется полный перечень проводимых работ, а также продолжительность на каждом этапе. В результате планирования формируется график реализации проекта. Для построения работ необходимо соотнести соответствующие работы каждому исполнителю.

Произведено распределение исполнителей по видам работ. Полученные данные приведены в таблице 17.

Таблица 17 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Подготовительный этап	1	- Составление и утверждение темы ВКР; - Составление и утверждение технического задания; - Составление календарного плана-графика выполнения ВКР.	Научный руководитель, инженер
	2	Подбор и изучение литературы по теме ВКР.	Инженер
Основной этап	3	Выполнение технологической части работы: - выбор марки стали; - оценка свариваемости стали; - выбор способа сварки; - подбор сварочного оборудования и материалов; - расчет параметров режима сварки; - разработка технологии изготовления стыков трубопровода.	Инженер
	4	Проверка выполненной технологической части с научным руководителем.	Научный руководитель, инженер
	5	Отрисовка чертежей узлов трубопровода.	Инженер
	6	Проверка чертежей с научным руководителем.	Научный руководитель, инженер

Продолжение таблицы 17

Заключительный этап	7	Выполнение других разделов: - Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение; - Социальная ответственность.	Инженер
	8	Подведение итогов, оформление пояснительной записки по стандарту и составление презентации.	Инженер
	9	Подготовка к защите ВКР.	Инженер

5.3.2 Определение трудоемкости выполнения работ по проекту и разработка графика

Диаграмма Ганта – горизонтальный линейный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

На основе таблицы 18 рассчитаем временные показатели проведения работ.

Таблица 18 – Временные показатели проведения технического проектирования

Название работы	Исполнители	Трудоемкость работ			Длительность работы в рабочих днях, Т _р
		t _{min} , чел-дни	t _{max} , чел-дни	t _{ож} , чел-дни	
- Составление и утверждение темы ВКР; - Составление и утверждение технического задания; - Составление календарного плана-графика выполнения ВКР.	Научный руководитель	1	1	1	1
	Инженер	1	1	1	1
Подбор и изучение литературы по теме ВКР.	Инженер	10	15	12	12
Выполнение технологической части работы: - выбор марки стали; - оценка свариваемости стали; - выбор способа сварки; - подбор сварочного оборудования и материалов; - расчет параметров режима сварки; - разработка технологии изготовления стыков трубопровода.	Инженер	25	30	27	27

Продолжение таблицы 18

Проверка выполненной технологической части с научным руководителем.	Научный руководитель	2	3	2,4	2,4
	Инженер	2	3	2,4	2,4
Отрисовка чертежей узлов трубопровода.	Инженер	20	23	21,2	21,2
Проверка чертежей с научным руководителем.	Научный руководитель	2	3	2,4	2,4
	Инженер	2	3	2,4	2,4
Выполнение других разделов: - Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение; - Социальная ответственность.	Инженер	12	15	13,2	13,2
Подведение итогов, оформление пояснительной записки по стандарту и составление презентации.	Инженер	10	15	12	12
Подготовка к защите ВКР.	Инженер	2	3	2,4	2,4
	Научный руководитель	2	3	2,4	2,4

Общая длительность работ в календарных днях (руководителя – 8 дн., инженера – 94 дн., совместной работы – 8 дн.) равна 94 дн.

На основании таблицы 18 строим календарный план-график, который отражает длительность исполнения работ в рамках проектной деятельности. График строится для максимального по длительности исполнения работ в рамках ВКР с разбивкой по месяцам и декадам (10 дней) за период времени ВКР (таблица 19).

Таблица 19 – Календарный план-график проведения работ

№ работ	Вид работ	Исполнители	Кол-во дней, Три	Продолжительность выполнения работы, календарные дни														
				Февраль			Март			Апрель			Май			Июнь		
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	- Составление и утверждение темы ВКР;	Научный руководитель	1	■														
	- Составление и утверждение технического задания; - Составление календарного плана-графика выполнения ВКР.	Инженер	1	□														
2	Подбор и изучение литературы по теме ВКР.	Инженер	12	▬														
3	Выполнение технологической части работы.	Инженер	27		▬													
4	Проверка выполненной технологической части с научным руководителем.	Научный руководитель	1					■										
		Инженер	2,4					▬										
5	Отрисовка чертежей узлов трубопровода	Инженер	21,2						▬									
6	Проверка чертежей с научным руководителем.	Научный руководитель	2									▬						
		Инженер	2,4									▬						
7	Выполнение других разделов.	Инженер	13,2									▬						
8	Подведение итогов, оформление пояснительной записки по стандарту и составление презентации.	Инженер	12												▬			
9	Подготовка к защите ВКР.	Инженер	2,4														□	
		Научный руководитель	2,4														■	

5.4 Бюджет научного исследования

Планирование бюджета позволяет оценить затраты на проведение исследования до его фактического начала и позволяет судить об экономической эффективности работы. В данном разделе подсчитываются следующие статьи расходов:

- материальные затраты;
- амортизационные отчисления;
- заработная плата исполнителей;
- отчисления во внебюджетные фонды;
- накладные расходы.

5.4.1 Расчёт материальных затрат

В этом подразделе оценивается стоимость всех материальных ценностей, непосредственно расходуемых в процессе выполнения работ.

Теоретические исследования, составление чертежей и пояснительной записки требуют ряд программных продуктов: MicrosoftOffice, КОМПАС-3D и др. Большинство из них предоставляются бесплатно для студентов ТПУ, другие находятся в свободном доступе в сети «Интернет». Таким образом, затраты на материалы включают в себя расходы на канцелярские принадлежности.

Для исследований используется персональный компьютер с бесплатным доступом к лицензии КОМПАС-3D V18.1. В материальные затраты также включаются транспортно-заготовительные расходы (ТЗР) в пределах от 5% до 20% от общей цены материалов. Расчёт материальных затрат приведён в таблице 20.

Таблица 20 – Материальные затраты

Наименование	Цена за ед., руб.	Кол-во, шт.	Сумма, руб.
Офисная бумага, упак. 500 листов	400	1	400
Тетрадь общая, 48 л.	100	1	100
Шариковая ручка	70	2	140
Итого			640
Итого с учётом ТЗР (10%)			704

5.4.2 Расчёт амортизационных отчислений

Написание выпускной квалификационной работы по плану занимает 3 месяца. Для создания чертежей и проведения расчётов используется персональный компьютер первоначальной стоимостью 50000 рублей. Срок полезного использования для офисной техники составляет от 2 до 3 лет [19]

Норма амортизации H_A рассчитывается как [20]:

$$H_A = \frac{1}{T} \cdot 100\% , \quad (31)$$

где T – срок полезного использования, лет.

Если принять срок полезного использования равным 3 годам, тогда норма амортизации H_A :

$$H_A = \frac{1}{3} \cdot 100\% = 33,3\% . \quad (32)$$

Годовые амортизационные отчисления:

$$A_{год} = 50000 \cdot 0,33 = 16500 \text{ руб.} \quad (33)$$

Ежемесячные амортизационные отчисления:

$$A_{мес} = \frac{16500}{12} = 1375 \text{ руб.} \quad (34)$$

Итоговая сумма амортизации основных средств:

$$A = 1375 \cdot 3 = 4125 \text{ руб.} \quad (35)$$

5.4.3 Расчёт заработной платы и отчислений во внебюджетные фонды

Оклад научного руководителя (в должности доцента) составляет 33 664 рублей. Оклад студента (инженера) принимается равным окладу соответствующего специалиста низшей квалификации, т.е. ассистента и составляет 12 664 рублей. В 2020 году с учётом 48-дневного отпуска 252 рабочих дня. Среднее количество рабочих дней в месяце составит 21 день. Среднедневная заработная плата для руководителя составит 1603,05 рублей в день, для инженера – 603,05 рублей в день.

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

$$ЗП_{осн} = ЗП_{дн} \cdot T_{РД} \cdot (1 + K_{пр} + K_{\partial}) \cdot K_p , \quad (36)$$

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

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

$K_{пр}$ – коэффициент премирования;

K_{∂} – коэффициент доплат;

K_p – районный коэффициент.

Результаты расчёта основной заработной платы по формуле 36 приведены в таблица 21.

Таблица 21 – Расчёт основной заработной платы

Исполнители	$ЗП_{дн}$	K_p	K_{∂}	$K_{пр}$	$T_{РД}$	$ЗП_{осн}$, руб
Руководитель	1603,05	0,1	0,2	1,3	8	4007,6
Инженер	603,05	0	0,2	1,3	94	141716,8
Итого						145724,4

Дополнительная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$ЗП_{дон} = ЗП_{осн} \cdot 0,12 , \quad (37)$$

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

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

$$ЗП_{внеб} = (ЗП_{осн} + ЗП_{дон}) \cdot 0,3 , \quad (38)$$

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

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

Результаты расчётов по формулам 37 и 38 приведены в таблица 22.

Таблица 22 – Расчёт дополнительной заработной платы и отчислений

Исполнители	<i>ЗП_{доп}</i>	<i>ЗП_{внеб}</i>
Руководитель	480,9	1346,6
Инженер	17006	47616,8
Итого	17486,9	48963,4

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

5.4.4 Расчёт общей себестоимости

Рассчитанные в пунктах 5.4.1-5.4.3 расходы сведены в таблицу 23.

Таблица 23 – Суммарные расходы

Наименование	Сумма, руб.	Удельный вес, %
Материальные затраты	704	0,3
Затраты на амортизацию	4125	1,7
Основная заработная плата	145724,4	61
Дополнительная заработная плата	17486,9	7,4
Страховые взносы	48963,4	20,5
Накладные расходы	21700,4	9,1
Итого	238704,1	100

В ходе подсчёта затрат на разработку проекта выявлено, что основная часть (61 %) средств расходуется на заработную плату исполнителей.

5.5 Расчет норм времени на сварку

Техническое нормирование производится в целях установления необходимых затрат времени на выполнение заданной работы в определенных организационно-технических условиях при полном и эффективном использовании средств на производстве и с учетом опыта передовых рабочих.

Нормирование механизированной и автоматической сварки в среде углекислого газа проводим по методике, изложенной в [23]. Рассчитаем основное время для каждого типа соединения:

Основные сварочные параметры, используемые в расчетах представлены в таблице 24.

Таблица 24 – Основные сварочные параметры

Исходные данные и расчетная формула	Сравниваемые способы	
	Механизированная сварка в защитном газе (МЗ)	Автоматическая сварка в защитном газе (АЗ)
F_n - площадь наплавленного металла, мм ²	120	120
Диаметр проволоки, мм	1,2	1,6
Сила тока, А	140-200	300
Напряжение, В	26	32
Расход газа, л/мин	10-15	16
Скорость сварки, м/ч		
I проход	10	21
II проход	5	7
III проход	5	-
Коэффициент наплавки, г/А*ч	11,4	10
Длина сварного шва, м	0,785	0,785

Рассчитаем основное время для каждого способа сварки (таблица 25).

Таблица 25 – Определение основного времени на сварку

Исходные данные и расчетная формула	Сравниваемые способы	
	МЗ	АЗ
F_n - площадь наплавленного металла, мм ²	120	120

Продолжение таблицы 25 – Определение основного времени на сварку

Скорость сварки, м/ч		
I проход	10	21
II проход	5	7
III проход	5	-

Расчет основного времени на сварку для МЗ производится по формуле:

$$t_0 = \sum \frac{60}{V_{св}}, \quad (32)$$

где $V_{св}$ - скорость сварки шва для данного типоразмера, м/ч.

Подставляем значения в формулу (32) и получаем:

$$t_0 = 60 \cdot \left(\frac{1}{10} + \frac{1}{5} + \frac{1}{5} \right) = 30 \text{ мин.}$$

Определение основного времени для АЗ производится по формуле (32) и получаем:

$$t_0 = 60 \cdot \left(\frac{1}{21} + \frac{1}{7} \right) = 11 \text{ мин.}$$

Разница во времени основной сварки между МЗ и АЗ, составляет 19 мин, что в процентном соотношении дает уменьшение времени на 63 %.

Необходимое значения времени, для расчета $t_{в.ш.}$ (таблица 26), $t_{в.и.}$ (таблица 27), и $k_{об}$ (таблица 28) для МЗ и АФ получены из [7].

Таблица 26 – Вспомогательное время, связанное со сваркой шва

	МЗ	АЗ
Элементы работы	Время на 1м/мин	Время на 1м/мин
Зачистка свариваемых кромок от налета и ржавчины перед сваркой	0,3	0,3
Зачистка сварного шва от окисных пленок	0,3	0,3
Зачистка околошовной зоны от брызг наплавленного металла	0,7	0,1
Осмотр и промер шва	0,37	0,37
Удаление остатка проволоки из головки полуавтомата. Смена кассет. Подача проволоки в головку полуавтомата	0,1	0,1

Продолжение таблицы 26

Подтягивание проводов	0,25	0,25
Зачистка шва от шлака после выполнения каждого прохода	0,6	-
Возврат сварщика в исходное положение	0,15	-
Откусывание огарков проволоки	0,1	-
Итого	2,87	1,42

Разница во вспомогательном времени сварки между МЗ и АЗ, составляет 1,45 мин, что в процентном соотношении дает уменьшение времени на 51 %.

Таблица 27 – Вспомогательное время, связанное с изделием и работой оборудования

	МЗ	АЗ
Элементы работы	Время, мин	Время, мин
Установка полуавтомата в начале шва, возврат, отключение	2,7	2,7
Установка, снятие и транспортировка изделия	3	3
Закрепление, открепление	0,5	0,5
Перемещения сварщика в исходное положение	-	-
Клеймение шва	0,21	0,21
Итого	6,41	6,41

Разница во вспомогательном времени, связанном с изделием и работой оборудования между МЗ и АЗ отсутствует.

Таблица 28 – Подготовительно-заключительное время, связанное с наладкой и переналадкой оборудования

	МЗ	АЗ
Элементы работы	Время, мин	Время, мин
Получение производственного задания, документации, указаний и инструктажа мастера, получение инструмента	4	4
Ознакомление с работой	3	3
Подготовка к работе баллона с газом, подключение (отключение) и продувка шлангов	4	4
Установка, настройка и проверка режимов сварки	3	3

Продолжение таблицы 28

Подготовка рабочего места и приспособлений к работе	4	4
Сдача работы	2	2
Итого	20	20

Разница в подготовительно-заключительном времени между МЗ и АФ отсутствует.

Параметры штучного времени приведены в таблице 29.

Таблица 29 – Штучное время

Элементы работы	МЗ Время, мин	АЗ Время, мин
t_0 – основное время на сварку, мин/м	30	11
$t_{в.ш.}$ - вспомогательное время, связанное со свариваемым швом на 1 пог.м шва в мин	2,87	1,42
l – длина швов, м	0,785	0,785
$t_{в.и.}$ - вспомогательное время, связанное с изделием и работой оборудования	6,41	6,41
$k_{об}$ – коэффициент, учитывающий затраты времени на обслуживание рабочего места, отдых и естественные надобности	1,12	1,15

Определение штучного времени сварки производится по формуле:

$$T_{шт} = [(t_0 + t_{в.ш.}) \cdot l + t_{в.и.}] \cdot K_{об}, \quad (34)$$

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

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

l - протяженность сварочного шва данного типоразмера, м;

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

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

Подставляем значения в формулу (34) и получаем для МЗ:

$$T_{шт} = [(30 + 2,87) \cdot 0,785 + 6,41] \cdot 1,12 = 36 \text{ мин.}$$

Подставляем значения в формулу (34) и получаем для АЗ:

$$T_{шт} = [(11 + 1,42) \cdot 0,785 + 6,41] \cdot 1,15 = 18,5 \text{ мин.}$$

Разница в штучном времени сварки между МЗ и АЗ, составляет 17,5 мин, что в процентном соотношении дает уменьшение времени на 49 %.

Количество сваренных деталей на рабочую смену приведено в таблице 30.

Таблица 30 – Количество сваренных деталей на рабочую смену

	МЗ	АЗ
$T_{см}$ – продолжительность одной рабочей смены	8	8
$T_{шт}$ – штучное время	36	18,5

Определение размера партии производится по формуле:

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

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

$T_{шт}$ – штучное время, мин.

Подставляем значения в формулу (35) и получаем для МЗ:

$$n = \frac{8 \cdot 60}{36} \approx 13 \text{ шт/см.}$$

Подставляем значения в формулу (35) и получаем для АЗ:

$$n = \frac{8 \cdot 60}{18,5} \approx 26 \text{ шт/см.}$$

Разница в размере партии между МЗ и АЗ, составляет 13 шт/см, что в процентном соотношении дает увеличение количества на 50 %.

Данные к расчету штучно-калькуляционного времени приведены в таблице 31.

Таблица 31 – Штучно-калькуляционное время

	МЗ	АЗ
$T_{шт}$ – штучное время	36	18,5
$t_{п.з.}$ – подготовительно заключительное время	20	20
n – размер партии	13	26

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

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

где $T_{шт}$ – штучное время, мин;

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

n – размер партии.

Подставляем значения в формулу (36) и получаем для МЗ:

$$T_{шк} = 36 + \frac{20}{13} = 38 \text{ мин.}$$

Подставляем значения в формулу (36) и получаем для АЗ:

$$T_{шк} = 18,5 + \frac{20}{26} = 19 \text{ мин.}$$

Разница в штучно-калькуляционном времени сварки между МЗ и АЗ, составляет 19 мин, что в процентном соотношении дает уменьшение времени на 50 %.

Данные к расчету массы наплавленного металла приведены в таблице 32.

Таблица 32 – Масса наплавленного металла шва

Исходные данные и расчетная формула	Сравниваемые способы	
	МЗ	АЗ
F_n - площадь наплавленного металла, мм ²	120	120
γ - плотность наплавленного металла	7,8	7,8
Суммарная длина сварных швов, м	0,785	0,785

Определение массы наплавленного металла шва производится по формуле:

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

где F – площадь наплавленного металла, мм²;

l – длина шва, м;

γ – плотность наплавляемого металла.

Подставляем значения в формулу (37) и получаем для МЗ:

$$G_n = 120 \cdot 0,785 \cdot 7,8 = 0,73 \text{ кг}.$$

Подставляем значения в формулу (37) и получаем для АЗ:

$$G_n = 120 \cdot 0,785 \cdot 7,8 = 0,73 \text{ кг}.$$

Разница массе наплавленного металла между МЗ и АФ отсутствует

5.6 Экономическая оценка сравниваемых способов сварки

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

Текущие затраты на сварочные работы состоят из следующих пунктов:

- сварочные материалы;
- защитный газ;
- основная зарплата;
- социальные цели;
- электроэнергия;
- ремонт оборудования.

5.6.1 Затраты на сварочные материалы

Данные к расчету затрат на сварочные материалы приведены в таблице 33.

Таблица 33 – Затраты на сварочные материалы

Исходные данные	Сравниваемые процессы	
	МЗ	АЗ
g_{nm} – масса наплавленного металла, кг/изд	0,73	0,73
k_n – коэффициент, учитывающий отношение веса электродов или проволоки к весу наплавленного металла	1,08	1,08
Π_{cm} – цена электродной проволоки, руб/кг СВ-08Г2С	215	215

Определение затрат на сварочные материалы производится по формуле:

$$C_{cm} = g_{nm} \cdot k_n \cdot \Pi_{cm} , \quad (38)$$

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

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

Π_{cm} – цена электродов/ электродной проволоки, руб/кг.

Подставляем значения в формулу (38) и получаем для МЗ:

$$C_{cm} = 0,73 \cdot 1,08 \cdot 215 = 170 \text{ руб.}$$

Подставляем значения в формулу (38) и получаем для АЗ:

$$C_{cm} = 0,73 \cdot 1,08 \cdot 215 = 170 \text{ руб.}$$

Разница в затратах на сварочные материалы между МЗ и АЗ отсутствует

5.6.2 Затраты на защитный газ

Данные к расчету затраты на защитный газ приведены в таблице 34.

Таблица 34 – Затраты на защитный газ

Исходные данные	Сравниваемые процессы	
	МЗ	АЗ
$g_{газ}$ - норма расхода газа, л/мин	15	16
t_0 - основное время на сварку, мин/м	30	11
l - длина сварного шва, м	0,785	0,785
$Ц_{газ}$ - цена за единицу газа руб/л	0,36	0,36

Определение затрат на защитный газ производится по формуле:

$$C_{газ} = g_{газ} \cdot t_0 \cdot l \cdot Ц_{газ} , \quad (39)$$

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

t_0 - основное время на сварку, мин/м;

l - длина сварного шва, м/издел;

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

Подставляем значения в формулу (39) и получаем для МЗ:

$$C_{газ} = 15 \cdot 30 \cdot 0,785 \cdot 0,36 = 127 \text{ руб.}$$

Подставляем значения в формулу (39) и получаем для АЗ:

$$C_{газ} = 16 \cdot 11 \cdot 0,785 \cdot 0,36 = 50 \text{ руб.}$$

Разница в затратах на защитный газ между МЗ и АЗ, составляет 77 руб, что в процентном соотношении дает снижение затрат на 61 %.

5.6.3 Затраты на заработанную плату рабочих

Данные к расчету затраты на на заработанную плату рабочих приведены в таблице 35.

Таблица 35 – Затраты на заработанную плату рабочих

Исходные данные	Сравниваемые процессы	
	МЗ	АЗ
$C_{мз}$ – среднемесячная заработная плата рабочих соответствующих профессий	40000	40000
$F_{мр}$ – месячный фонд времени работы рабочих, часы/месяц	172	172
$t_{штк}$ – штучно–калькуляционное время на выполнение операции, мин\изд	38	19

Определение затрат на заработанную плату рабочих производится по формуле:

$$C_3 = \frac{C_{мз} \cdot t_{шк}}{F_{мп} \cdot 60}, \quad (40)$$

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

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

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

Подставляем значения в формулу (40) и получаем для МЗ:

$$C_3 = \frac{40000 \cdot 38}{172 \cdot 60} = 147 \text{ руб.}$$

Подставляем значения в формулу (40) и получаем для АЗ:

$$C_3 = \frac{40000 \cdot 19}{172 \cdot 60} = 74 \text{ руб.}$$

Разница в затратах на заработанную плату рабочих между МЗ и АЗ, составляет 73 руб, что в процентном соотношении дает снижение затрат на 50 %.

5.6.4 Затраты на отчисления на социальные цели

Данные к расчету на отчисления на социальные цели приведены в таблице 36.

Таблица 36 – Отчисления на социальные цели

Исходные данные	Сравниваемые процессы	
	МЗ	АФ
$k_{отч}$ – процент отчислений на социальные цели от основной и дополнительной заработной платы	30,2 %	30,2 %
C_3 – Затраты на заработанную плату рабочих	147	74

Определение затрат на отчисления на социальные цели производится по формуле:

$$C_{отч} = \frac{k_{отч} \cdot C_3}{100}, \quad (41)$$

где $k_{отч}$ – процент отчислений на социальные цели от основной и дополнительной заработной платы;

C_3 – Затраты на заработанную плату рабочих.

Подставляем значения в формулу (40) и получаем для МЗ:

$$C_{отч} = \frac{30,2 \cdot 147}{100} = 44 \text{ руб.}$$

Подставляем значения в формулу (41) и получаем для АЗ:

$$C_{отч} = \frac{30,2 \cdot 74}{100} = 22 \text{ руб.}$$

Разница в затратах на отчисления на социальные цели между МЗ и АЗ, составляет 22 руб, что в процентном соотношении дает снижение затрат на 50 %.

5.6.5 Затраты на электроэнергию

Данные к расчету затрат на электроэнергию приведены в таблице 37.

Таблица 37 – Затраты на электроэнергию

Исходные данные	Сравниваемые процессы	
	МЗ	АЗ
U – напряжение, В	26	32
I – сила тока, А	170	300
t_o – основное время сварки, мин/м	30	11
l – длина сварного шва, м/ст	0,785	0,785
η – коэффициент полезного действия источника питания	0,85	0,90
$\Pi_{эл}$ – стоимость 1 квт-ч электроэнергии, руб	5,38	5,38

Определение затрат на электроэнергию производится по формуле:

$$C_{эм} = \frac{U \cdot I \cdot t_o \cdot l}{60 \cdot \eta \cdot 1000} \cdot \Pi_{эл}, \quad (42)$$

где U – напряжение, В;

I – сила тока, А;

t_o - основное время сварки, мин/м;

l – длина сварного шва, м/ст;

η – коэффициент полезного действия источника питания;

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

Подставляем значения в формулу (42) и получаем для МЗ:

$$C_{эл} = \frac{26 \cdot 170 \cdot 30 \cdot 0,785}{60 \cdot 0,85 \cdot 1000} \cdot 5,38 = 11 \text{ руб/ст.}$$

Подставляем значения в формулу (42) и получаем для АЗ:

$$C_{эл} = \frac{32 \cdot 300 \cdot 11 \cdot 0,785}{60 \cdot 0,90 \cdot 1000} \cdot 5,38 = 8 \text{ руб/изд.}$$

Разница в затратах на электроэнергию между МЗ и АЗ, составляет 3 руб, что в процентном соотношении дает уменьшение затрат на 27 %.

5.6.6 Затраты на ремонт оборудования

Данные к расчету затрат на на ремонт оборудования приведены в таблице 38.

Таблица 38 – Затраты на ремонт оборудования

Исходные данные	Сравниваемые процессы	
	МЗ	АЗ
C_j – цена оборудования, руб: Сварочный полуавтомат POWERTEC 505S Сварочный автомат ESAB AristoMIG 5000i	202067 -	- 559000
$k_{рем}$ – коэффициент, учитывающий затраты на ремонт	0,25	0,25
$t_{штк}$ – штучно– калькуляционное время на выполнение операции, мин\изд	38	19
$F_{ГО}$ – годовой фонд времени работы оборудования, ч	1972	1972
k_3 – коэффициент, учитывающий загрузку оборудования	0,8	0,8

Определение затрат на электроэнергию производится по формуле:

$$C_p = \frac{\sum_{j=1}^n \Pi_j \cdot k_{рем} \cdot t_{шк}}{F_{ГО} \cdot k_3 \cdot 60}, \quad (43)$$

где Π_j – цена оборудования соответствующего вида;

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

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

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

k_3 – коэффициент, учитывающий загрузку оборудования.

Подставляем значения в формулу (43) и получаем для МЗ:

$$C_p = \frac{202067 \cdot 0,25 \cdot 38}{1972 \cdot 0,8 \cdot 60} = 20 \text{ руб.}$$

Подставляем значения в формулу (43) и получаем для АЗ:

$$C_p = \frac{559000 \cdot 0,25 \cdot 19}{1972 \cdot 0,8 \cdot 60} = 28 \text{ руб.}$$

Разница в затратах на электроэнергию между МЗ и АЗ, составляет 8 руб, что в процентном соотношении дает увеличение затрат на 29 %.

5.6.7 Текущие затраты и расчет себестоимости сварного шва

Результаты расчетов себестоимости сварного шва приведены в таблице 39.

Таблица 39 – Результаты расчетов себестоимости сварного шва

Наименование	МЗ	АЗ	Сравнительная эффективность
1. Сварочные материалы	170	170	0
2. Защитный газ	127	50	77
3. Основная зарплата	147	74	73
4. Социальные цели	44	22	22
5. Электроэнергия	11	8	3
6. Ремонт	20	28	-8
Итого	519	352	167

По результатам расчетов разница в общих затратах на изготовление одного изделия между МЗ и АЗ, составляет 167 руб, что в процентном соотношении дает снижение затрат на 32 %.

Выводы по разделу 5

Проведен технико-экономический анализ процесса сварки узла трубопровода ТЭЦ механизированной и автоматической сваркой в среде защитных газов.

В результате проведенного SWOT-анализа были рассмотрены сильные и слабые стороны проекта, а реальных угроз, которые могут помешать реализации проекта выявлено не было, также возможности открывают хорошие перспективы для применения разработки в промышленности.

Сделан расчет бюджета научного исследования в который вошли расходы на материалы и оборудование, а также сумма заработной платы участников проекта. Итоговый бюджет проекта составляет 238704,1 руб.

Разница в штучно-калькуляционном времени сварки между МЗ (38 мин) и АЗ (19 мин), составляет 19 мин, что в процентном соотношении дает уменьшение времени на 50 %.

Стоимость изготовления одного стыка трубопровода диаметром 250 мм автоматической сваркой составляет 352 руб., что дешевле на 167 руб, чем при текущей технологии механизированной сварки в среде защитного газа, в процентном соотношении позволяет снизить затраты на 32 %.

Можно сделать вывод, что применение автоматической сварки экономически оправдано.

6 Социальная ответственность

В данном разделе решается вопрос охраны труда сварщика на стадии сборки и сварки стыков трубопровода ТЭЦ.

Ремонтный цех по производству типовых узлов трубопроводов, находится в г.Томске. Общий размер цеха составляет 2500 м². Рабочее место на сварочном участке, занимает площадь 210 м².

6.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Согласно ТК РФ, №197 - ФЗ каждый работник сварочного участка имеет право на:

- рабочее место, соответствующее требованиям охраны труда;
- обеспечение средствами индивидуальной и коллективной защиты в соответствии с требованиями охраны труда за счет средств работодателя;
- обучение безопасным методам и приемам труда за счет средств работодателя;
- личное участие или участие через своих представителей в рассмотрении вопросов, связанных с обеспечением безопасных условий труда на его рабочем месте, и в расследовании происшедшего с ним несчастного случая на производстве или профессионального заболевания;
- внеочередной медицинский осмотр в соответствии с медицинскими рекомендациями с сохранением за ним места работы (должности) и среднего заработка во время прохождения указанного медицинского осмотра;
- гарантии и компенсации, установленные в соответствии с ТК РФ, коллективным договором, соглашением, локальным нормативным актом, трудовым договором, если он занят на работах с вредными и (или) опасными условиями труда.

6.2 Производственная безопасность

Разрабатываемая технология сварки предполагает использование сварочного автомата ESAB AristoMIG 5000i с точки зрения социальной ответственности целесообразно рассмотреть вредные и опасные факторы, которые могут возникать при разработке технологии или работе с оборудованием, а также требования по организации рабочего места.

Для выбора факторов использовался ГОСТ 12.0.003-2015 [18]. Перечень опасных и вредных факторов, характерных для проектируемой производственной среды представлен в виде таблицы 40.

Таблица 40 – Возможные опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015 [18])	Этапы работ			Нормативные документы
	Разработка	Изготовление	Эксплуатация	
1. Неудовлетворительная освещенность рабочей зоны	+	+	+	СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение, 2016 [19] СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий, 2003 [20]
2. Повышенный уровень шума на рабочем месте	+	+	+	ГОСТ 12.1.003-83* Шум. Общие требования безопасности [21] СН 2.2.4/2.1.8.562-96, Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки, 1996 [22]
3. Неудовлетворительный микроклимат	+	+	+	ГОСТ 12.1.005-88 Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны [23]; СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений, 1996 [24]

Продолжение таблицы 40

4. Поражение электрическим током	+	+	+	ПРАВИЛА УСТРОЙСТВА ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК (ПУЭ). Седьмое издание, 2002 [25] ГОСТ Р 12.1.019-2017 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты [26]
5. Вредные вещества	-	+	+	ГОСТ 12.1.005-88 Общие санитарно – гигиенические требования к воздуху рабочей зоны [23];
6. Психофизические факторы	+	+	+	ч.2 ст.159 гл.22 «Нормирования труда» Трудового Кодекса РФ
7. Высокая температура поверхностей оборудования	-	+	+	СанПиН 2.2.4.548–96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений, 1996 [24]
8. Движущиеся машины и механизмы	-	+	+	ГОСТ 12.2.003-91 ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности [27] ГОСТ 12.3.009-76 ССБТ. Работы погрузочно-разгрузочные. Общие требования безопасности [28]

6.2.1 Неудовлетворительная освещенность рабочей зоны

Рациональное освещение имеет большое значение для высокопроизводительной и безопасной работы. Нормирование значений освещенности рабочей поверхности при сварочных работах помещения составляет 200 лк [19].

Станки должны быть снабжены пристроенными или встроенными устройствами местного освещения зоны обработки, напряжением не более 24 В. Местное освещение должно иметь индивидуальный выключатель, расположенный в месте удобном для обслуживания. Для производственных помещений коэффициент пульсаций освещенности (Кп) должен быть не больше 10 %.

Освещение на рабочем месте при сварке типовых узлов трубопровода соответствует допустимым нормам.

6.2.2 Повышенный уровень шума на рабочем месте

Методы установления предельно допустимых шумовых характеристик оборудования для сварки изложены в ГОСТ 12.1.035–81 [31]. По характеру спектра в помещении присутствуют широкополосные шумы. Источник шумов – промышленный робот Fanuc M-20ia, позиционер АВВ МТD 500, электродвигатели в системе охлаждения, слесарное оборудование. Для рабочих помещений административно-управленческого персонала производственных предприятий и лабораторий уровень шума не должен превышать 50 дБА, ГОСТ 12.1.003-2014 [21].

Уменьшение влияния данного фактора возможно путём:

- 1) Изоляции источников шумов.
- 2) Проведение акустической обработки помещения.
- 3) Создание дополнительных изоляционных перегородок.

Уровень шума на рабочем месте при сварке типовых узлов трубопровода соответствует допустимым нормам.

6.2.3 ПДК вредных веществ

При выполнении сварочных работ используется присадочная проволока Св-08Г2С и улекислый газ высшего сорта.

По ГОСТ 12.1.005-88 [27] установлены предельно допустимые концентрации вредных веществ $q_{пдк}$ (мг/м³) в воздухе рабочей зоны производственных помещений. Вредные вещества по степени воздействия на организм человека подразделяются на четыре класса. Сварочные работы относятся к 1 классу опасности.

Концентрация вредных веществ в рабочей зоне, при данном виде сварки, представлена в таблице 41.

Таблица 41 – Концентрация вредных веществ в рабочей зоне [27]

Вредные вещества	Концентрация в воздухе рабочей зоны, мг/м ³	Предельно допустимая концентрация, мг/м ³
Марганец	0,1-0,22	0,2
Озон	0,05-0,1	0,1
Оксид железа	3,-6,5	6,0
Оксид углерода	4,5-7,0	20
Оксид азота	1,5-3,0	5,0

Мероприятиями по борьбе с загрязнениями воздуха служат внедрение новых марок покрытий электродов и порошков с наименьшими токсичными свойствами; приточно-вытяжная вентиляция; устройство передвижных отсосов; приток свежего воздуха от воздухопроводов через электрододержатель или шлем; пользование респиратором с химическим фильтром, а иногда и противогазом.

ПДК вредных веществ на рабочем месте при сварке типовых узлов трубопровода соответствует допустимым нормам.

6.2.4 Микроклимат

Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны должны соответствовать СанПиН 2.2.4.548-96 в соответствии категорией выполняемых работ. Работа сварщика по тяжести труда относится к III категории работ, тяжелая - затраты энергии составляют 291 - 349 Вт.

Оптимальные и допустимые нормы температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха для проведения производственных (в т.ч. сварочных) работ приведены в таблице 42.

Таблица 42 – Оптимальные и допустимые микроклиматические условия в рабочей зоне для помещений (согласно СанПиН 2.2.4.548-96)

	Время года	Категория тяжести работ	Температура воздуха, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м / с
Оптимальные параметры	Холодная	Тяжелая - III	16-18	40-60	0,3
	Теплая		18-20	40-60	0,4
Допустимые параметры	Холодная	Тяжелая - III	13-19	75	0,5
	Теплая		15-26	75	0,6-0,5

Микроклимат производственных помещений поддерживается на оптимальном уровне системой водяного центрального отопления, естественной вентиляцией, а также искусственным кондиционированием и дополнительный подогревом в холодное время года.

Микроклимат на рабочем месте сварщика соответствует допустимым нормам.

6.2.5 Психофизические факторы

Психофизиологические опасные и вредные производственные факторы по характеру действия подразделяются на следующие [18]:

- а) физические перегрузки;
- б) нервно-психические перегрузки.

Физические перегрузки подразделяются на:

- статические;
- динамические.

Нервно-психические перегрузки подразделяются на:

- умственное перенапряжение;
- перенапряжение анализаторов;

- монотонность труда;
- эмоциональные перегрузки.

Один и тот же опасный и вредный производственный фактор по природе своего действия может относиться одновременно к различным группам.

Статические и динамические физические нагрузки у сварщиков вызывают перенапряжение нервной и костно-мышечной систем организма. Статические нагрузки зависят от массы сварочного инструмента, гибкости шлангов и проводов, длительности непрерывной работы и поддержания рабочей позы (стоя, сидя, полусидя, стоя на коленях, лежа на спине).

Профилактика физиологической перегрузки: механизация и автоматизация труда, рационализация рабочей позы, производственная гимнастика, временное переключение на другую работу, обучение правильным методам и приемам работы, периодические медицинские осмотры и др.

Профилактика переутомления:

1) Технологические меры – создание наиболее благоприятных технологических условий для уменьшения утомляемости (механизация, автоматизация, улучшение технических характеристик аппаратуры, инструментов и т.д.)

2) Рационализация трудового процесса (экономичность, ритмичность, перерывы, отдых и т.д.). Режим работы играет важную роль и определяется тяжестью работы: чем тяжелее работа, тем перерывы чаще и короче. В течение рабочего дня необходим большой перерыв (обеденный). Хороший эффект дает также производственная гимнастика.

3) Рационализация санитарно-гигиенических условий. Повышение квалификации (тренированности) работников. Высококвалифицированные рабочие обычно утомляются позже. Использование РСЯ при сварочных работах значительно сокращает физические перегрузки и утомление работников.

6.2.6 Поражение электрическим током

Согласно правилам устройства электроустановок (ПУЭ) [25] все электроустановки по условиям электробезопасности принято разделять на 2 группы:

- электроустановки напряжением до 1000 В (1 кВ);
- электроустановки напряжением выше 1000 В (1 кВ).

Для выполнения сварки используется промышленный робот Fanuc M-20ia, позиционер ABB MTD 500, сварочный аппарат ESAB AristoMIG 5000i, которые работают от напряжения 380 В, а также УШМ, работающая от напряжения 220 В., следовательно, оборудование относится к 1 категории опасности [25].

Во избежание поражения электрическим током непосредственно на рабочем месте сварщика необходимо соблюдать следующие правила:

- не прикасаться к арматуре общего освещения, электрическим проводам, к неизолированным и неогражденным токоведущим частям электрических устройств, аппаратов и приборов;
- в случае обнаружения нарушения изоляции электропроводок, открытых токоведущих частей электрооборудования или нарушения заземления оборудования немедленно сообщить об этом руководителю смены;
- не наступать на переносные электрические кабели, лежащие на полу;
- не снимать ограждения и защитные кожухи с токоведущих частей оборудования, аппаратов и приборов, не открывать двери электрораспределительных шкафов, не класть в них никаких предметов;
- не производить самому ремонт электрооборудования, сварочных аппаратов, светильников, замену электроламп и электрозащиты. Эти работы должен выполнять только ремонтный персонал, аттестованный на соответствующую группу по электробезопасности;
- при перерыве в подаче электроэнергии и уходе с рабочего места, хотя и на короткое время, обязательно выключить сварочное оборудование.

Электробезопасность на рабочем месте при сварке типовых узлов трубопровода соответствует допустимым нормам.

6.2.7 Высокая температура поверхностей оборудования

Сварочные работы сопровождаются повышенной температурой обрабатываемого материала, изделий, наружных поверхностей оборудования и внутренних поверхностей замкнутых пространств, а так же наличием расплавленного металла.

Для предотвращения получения ожогов при сварочных работах используются индивидуальные средства защиты.

При электросварочных работах основным таким приспособлением является защитная маска, смотровое отверстие которой оснащено светофильтром, задерживающим инфракрасные и ультрафиолетовые лучи и снижающим яркость светового потока дуги [25].

Для защиты от ожогов кожного покрова применяют брезентовую спецодежду и рукавицы, а для защиты ног используют кожаную (летом) или войлочную (зимой) обувь [25].

Для защиты окружающих от светового потока и искр расплавленного металла используют перегородки, переносные ширмы и т.д.

Использование средств индивидуальной защиты при работе на сварочном участке позволяет сократить воздействие вредных факторов на организм.

6.2.8 Движущиеся машины и механизмы оборудования

На рабочем месте по изготовлению типовых узлов трубопровода применяется промышленный робот Fanuc M-20ia, позиционер ABB MTD 500, угловая шлифовальная машина, абразивный круг которой вращается со скоростью 7000 об/мин в больших диапазонах нагрузок. Соприкосновение с движущимися частями оборудования может привести к перелому конечностей, ушибам, порезам.

Для обеспечения коллективной защиты следует использовать оградительные устройства и знаки безопасности. К средствам индивидуальной защиты относятся спец. одежда и защитные очки, маски.

В качестве профилактических мер планируется:

- систематически производить проверку наличия защитных ограждений с предупреждающими плакатами;
- проверку состояния оборудования и своевременное устранение дефектов.

6.3 Охрана окружающей среды

Производственные процессы не должны загрязнять окружающую среду (воздух, почву, водоемы) вредными выбросами и отходами. Своевременные и организованные мероприятия по удалению и обезвреживанию отходов производства, являющихся источниками опасных и вредных производственных факторов, позволяют снизить вредное влияние на экологическую обстановку. Источники загрязнения окружающей среды в сварочном производстве:

- металлические отходы;
- вредные вещества, выделяемые при сварке (пыль, газ, аэрозоли окисей металлов, входящих в состав сварочных материалов).

6.3.1 Утилизация твердых отходов

Для утилизации металлических отходов используются специальные контейнеры. После наполнения контейнеров, отходы отправляются на переработку.

Утилизация отработанных люминесцентных ламп осуществляется специализированной организацией, имеющей лицензию на проведение подобного вида работ, путем составления договора, с данной организацией согласно действующим нормам по утилизации.

Согласно СТО 71.12.15 Сбор и транспортирование твердых бытовых отходов [32] утилизация твердых бытовых отходов (ТБО) предприятия

осуществляется в специализированные контейнеры.

Затем происходит выгрузка ТБО из контейнеров (загрузка бункеров-накопителей с КГМ) в спецтранспорт, зачистка контейнерных площадок от просыпавшегося во время погрузки мусора и транспортировка их с мест сбора мусора на лицензированный объект утилизации (мусороперегрузочные станции, мусоросжигательные заводы, полигоны захоронения и т.п.).

6.3.2 Влияние на атмосферу

Предельно допустимая концентрация примесей в атмосфере на территории промышленного предприятия не должна превышать 30% вредных веществ.

Для очистки выбросов в атмосферу, производящихся на участке сборки и сварки, достаточно производить улавливание аэрозолей и газообразных примесей из загрязнённого воздуха. Для улавливания аэрозолей и пыли выделяемых в процессе работы используется передвижное вытяжное устройство Sinotec SWELDex basic. Устройство оснащено фильтром предварительной очистки и основным фильтром (2 ступенчатая фильтрация) со степенью очистки $\geq 99,9\%$.

6.4 Чрезвычайные ситуации

Согласно ГОСТ Р 22.0.02-2016 [33], ЧС – это обстановка на определенной территории, сложившаяся в результате аварии, опасного природного явления, катастрофы, стихийного или иного бедствия, которые могут повлечь или повлекли за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или окружающей среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей.

Во время сварочных работ в цеху могут возникнуть следующие аварийные ситуации:

- возникновение пожара, взрыва;
- поражение электрическим током.

При возникновении аварии или аварийной ситуации работники сварочного участка и цеха обязаны прекратить работу, немедленно сообщить о случившемся руководителю работ и далее выполнять его указания.

Места производства сварочных работ должны быть обеспечены средствами пожаротушения. На сварочном участке используются следующие огнетушители:

- огнетушитель порошковый ОП-3(з);
- огнетушитель углекислотный ОУ-1.

Сварочный участок по изготовлению типовых узлов трубопровода относится к категории «Г» – умеренная пожароопасность. На данном участке должно размещаться не менее двух переносных огнетушителей. Огнетушители располагаются на видных местах вблизи от выходов из помещений на высоте не более 1,35 м. Размещение первичных средств пожаротушения в коридорах, переходах не должно препятствовать безопасной эвакуации людей, согласно плана эвакуации. Персонал, отвечающий за проведение ремонтных работ и работ, связанных с устранением последствий пожара должен быть обеспечен средствами индивидуальной защиты кожных покровов и органов дыхания.

В результате соблюдения всех нормативных требований и средств индивидуальной защиты участок сварки полностью соответствует [33].

Выводы по разделу 6

В результате выполнения ВКР, проведен анализ производства на предмет выявления вредных и опасных факторов на сварочном участке. Предложены мероприятия по их предотвращению и ликвидации в случае возникновения.

Данные мероприятия позволят повысить уровень безопасности на производстве и снизить риск возникновения профессиональных заболеваний, вызванных вредными факторами.

Рабочее место сварщика на участке по сварке типовых узлов трубопровода соответствует НТД.

Заключение

В результате выполнения выпускной квалификационной работы, была разработана технология сборки и сварки узла трубопровода ТЭЦ.

В результате исследования и сравнения приемлемых способов сварки была произведена замена механизированной сварки плавящимся электродом на автоматическую сварку в среде защитных газов при помощи роботизированной ячейки

Также в результате работы были подобраны сварочные материалы, рассчитаны режимы сварки и произведен выбор сварочного оборудования. Спроектировано приспособление позволяющее выполнять сборку и сварку заготовок в нижнем поворотном положении.

По результатам полученных показателей экономической оценки инвестиций можно сделать вывод, что внедрение технологии автоматической сварки в защитных газах предпочтительней не только с экономической точки зрения затрат, но и с точки зрения самого процесса сварки.

Список использованных источников

1. СТО 70238424.27.100.077-2009 Трубопроводы ТЭС. Условия создания. Нормы и требования
2. ГОСТ 19282-73 Сталь низколегированная толстолистовая и широкополосная универсальная. Технические условия (с Изменениями N 1,2,3)
3. Акулов А.И., Бельчук Г.А. и Демянцевич Е.И. Технология и оборудование сварки плавлением. Учебник для студентов вузов. М., «Машиностроение», 1977. 432с. с ил.
4. Интернет-источник: <https://svarkaipauka.ru>
5. Сварка в машиностроении: Справочник. В 4-х т./Ред. С 24 кол.: Г.А.Николаева (пред.) и др. – М.: Машиностроение, 1978 - - Т.2/ Под ред. А.И Акулова. 1978. 462с., ил.
6. ГОСТ 2246-70 Проволока стальная сварочная. Технические условия
7. ГОСТ 8050-85 Двуокись углерода газообразная и жидкая. Технические условия
8. ГОСТ 16037-80 Соединения сварные стальных трубопроводов. Основные типы, конструктивные элементы и размеры.
- 9 Расчёт режимов дуговой сварки. Методические указания к курсовому и дипломному проектированию. Изд-во Томского политехнического университета, 2008 - 41 с.
- 10 РД 34.39.201 Инструкция по монтажу трубопроводов пара и воды на тепловых электростанциях
- 11 РД 153-34.1-003-01 Сварка, термообработка и контроль трубных систем котлов и трубопроводов при монтаже и ремонте энергетического оборудования
18. ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация».
19. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение, 2016.
20. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и

общественных зданий, 2003.

21. ГОСТ 12.1.003-83* Шум. Общие требования безопасности.

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

23. ГОСТ 12.1.005-88 Общие санитарно - гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.

24. СанПиН 2.2.4.548–96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений, 1996.

25. Правила устройства электроустановок (ПУЭ). Седьмое издание, 2002.

26. ГОСТ Р 12.1.019-2017 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.

27. ГОСТ 12.1.005-88 Общие санитарно – гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.

28. СанПиН 2.2.4.548–96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений, 1996.

29. ГОСТ 12.2.003-91 ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности.

30. ГОСТ 12.3.009-76 ССБТ. Работы погрузочно-разгрузочные. Общие требования безопасности.

31. ГОСТ 12.1.035–81 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Оборудование для дуговой и контактной электросварки. Допустимые уровни шума и методы измерений.

32. СТО 71.12.15 Сбор и транспортирование твердых бытовых отходов.

33. ГОСТ Р 22.0.02-2016 Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Термины и определения.

**Приложение А
(обязательное)**

Комплект технологической документации

Дубл.			
Взам.			
Подл.			

ФЮРА 02100.00023

4

1

НИ ТПУ ОЭИ
Кафедра ОТСП

ФЮРА 200000.023

ФЮРА 011000.00023

Узел трубопровода ТЭЦ

*Министерство науки и высшего образования РФ**федеральное государственное автономное**образовательное учреждение высшего образования**Национальный исследовательский**Томский политехнический университет**СОГЛАСОВАЛ**Доцент Киселев А.С.*

*КОМПЛЕКТ ДОКУМЕНТОВ
на технологический процесс
изготовления узла трубопровода ТЭЦ*

*ПРОКОНТРОЛИРОВАЛ**Доцент Першина А.А.**«___» _____ 2021 г.**ВЫПОЛНИЛ:**студент гр. 3-1В61 Петроченко П.И.**«___» _____ 2021 г.*

Дубл.			
Взам.			
Подл.			

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

ФЮРА.02100.00023 1 1

Разраб.	Петраченко П.И.		
Проверил	Киселев А.С.		
Н. контр.			

НИ ТПУ ЭОИ
Группа 3-1В61

ФЮРА.200000.023

ФЮРА.200000.00001

Сборка и сварка узла трубопровода

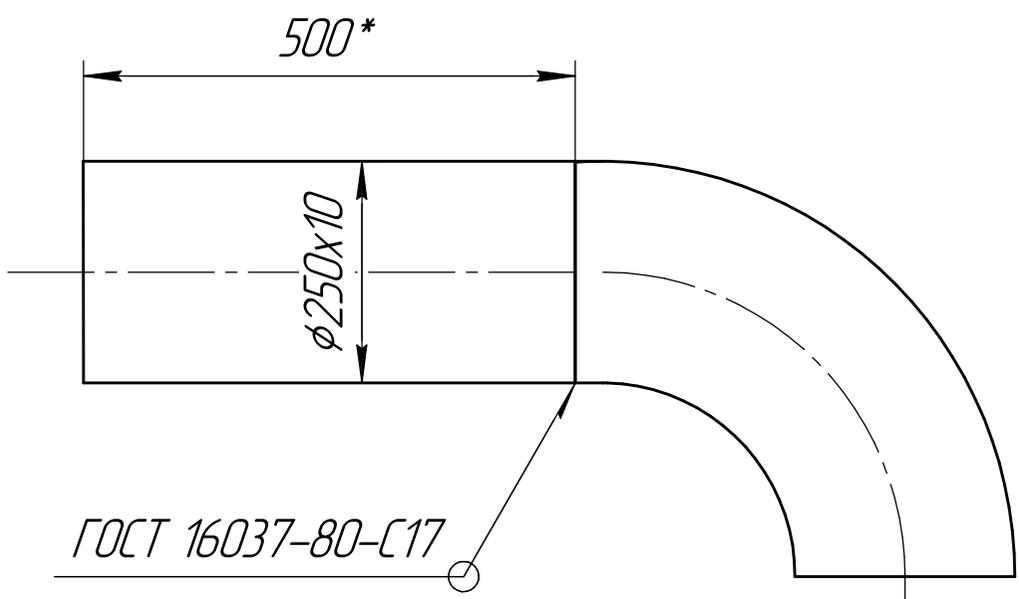


Схема расстановки прихваток

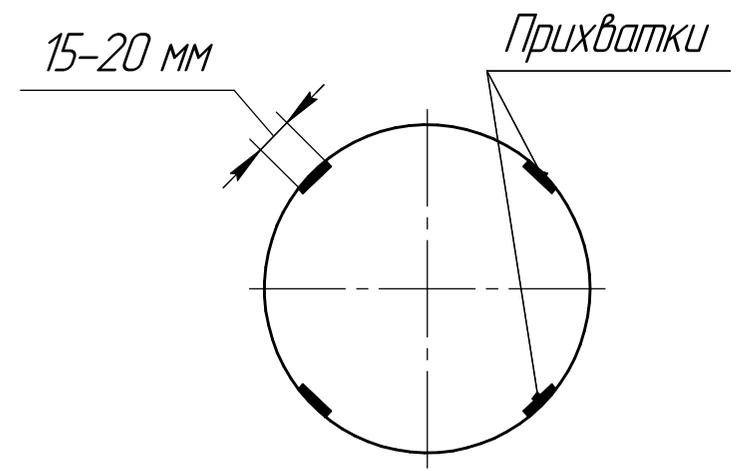
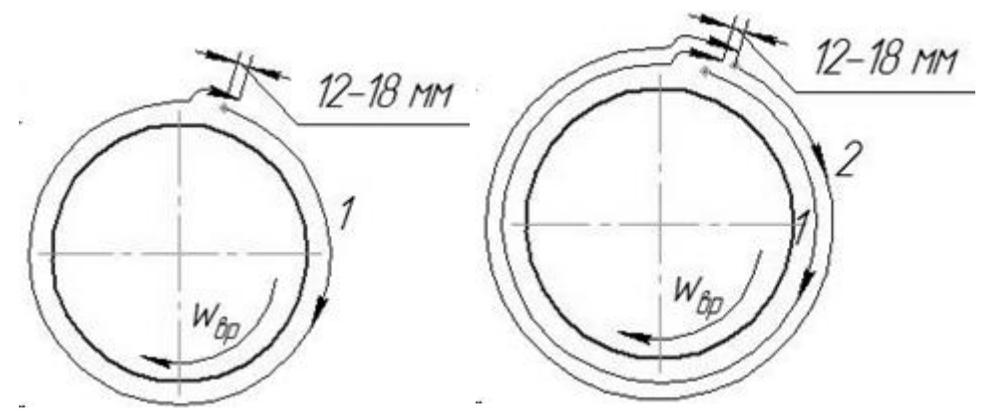
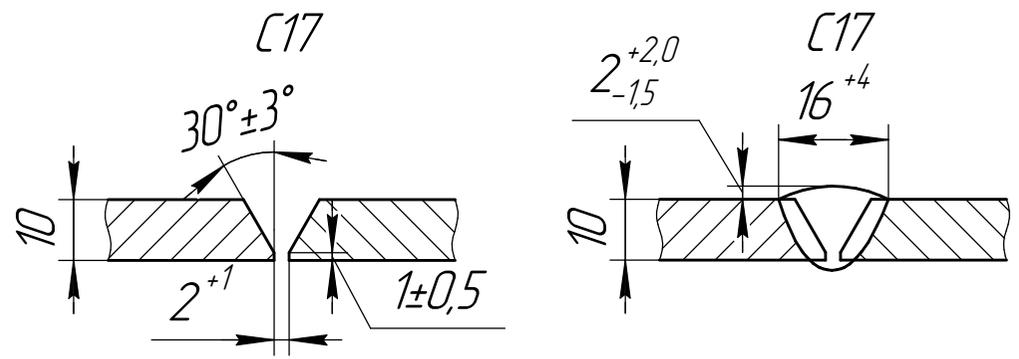


Схема сварки корневого и облицовочного швов



Дудл.														
Взам.														
Подл.														

2 1

Разраб.	Петраченко П.И.				НИ ТПУ ЭОИ Группа 3-1В61	ФЮРА.2000000.023	ФЮРА.100000.000001	
Провер.	Киселев А.С.							
Нормир.								
Н.контр.					Узел трубопровода ТЭЦ			
Утв.								

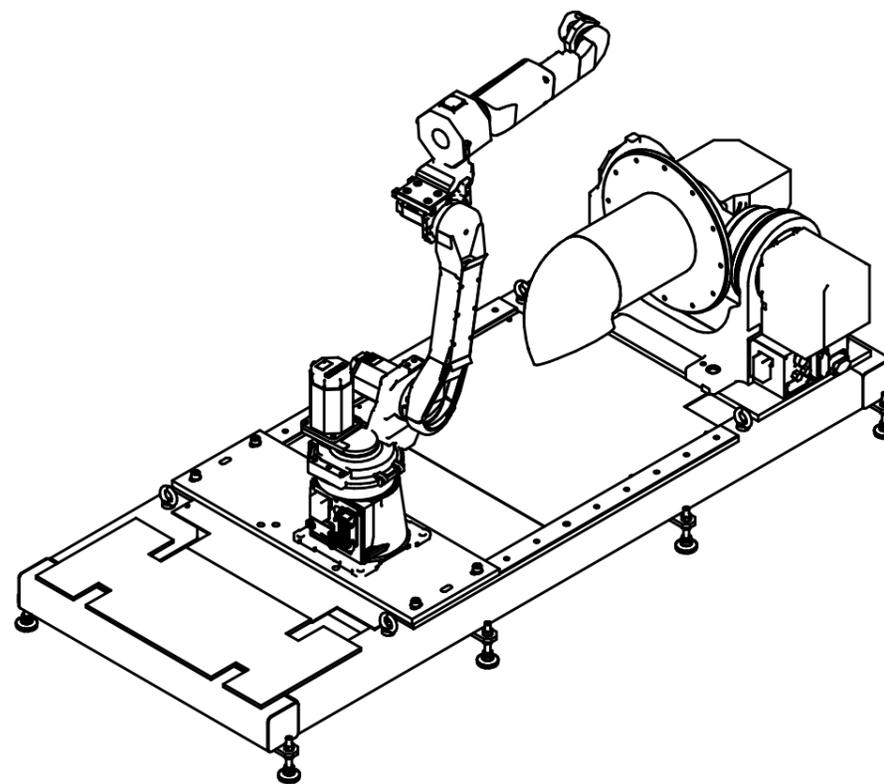
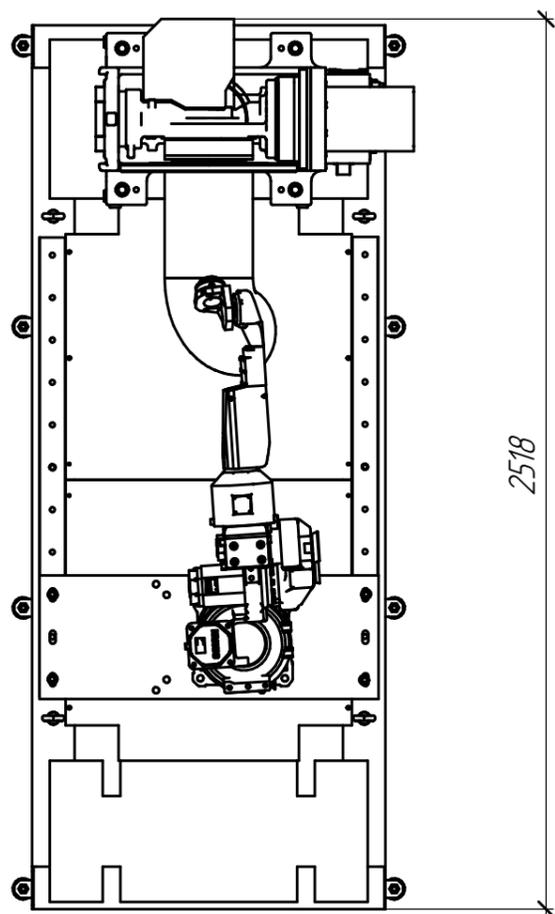
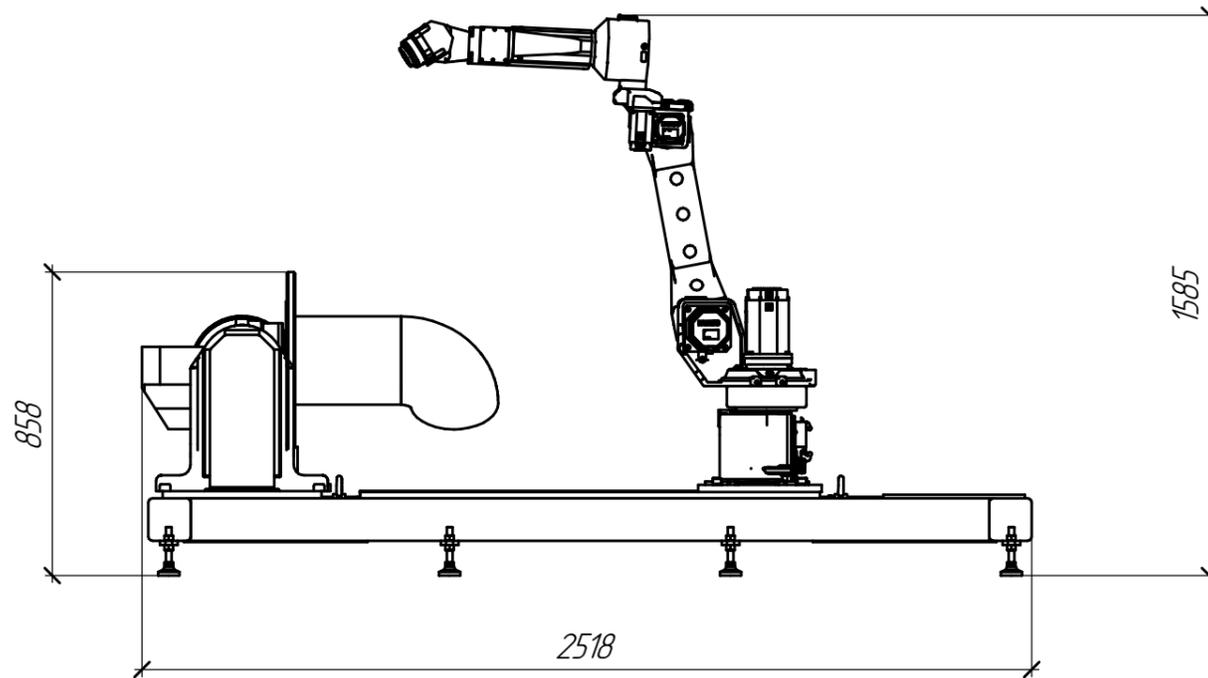
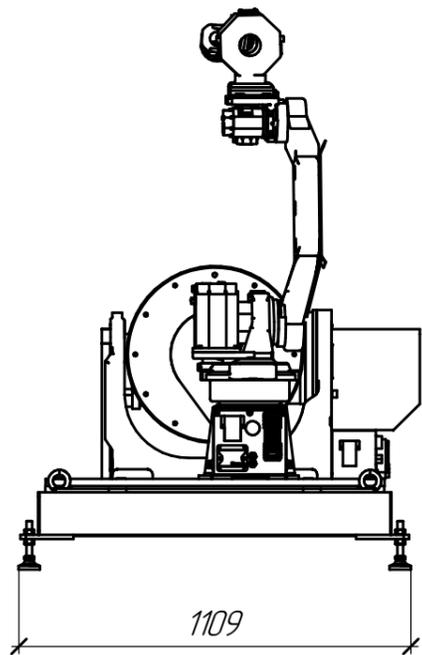
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции	Обозначение документа									
						См	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Тпз.
Б	Код, наименование оборудования					Обозначение, код									
К/М	Наименование детали, сб. единицы или материала					ОПП	ЕВ	ЕН	КИ	Н.расх.					
РСЗ	ПС	НП	НМ	Рк	Рг	Пл	У	І	Ус	Уп	Qоз	Qоз	Qк	Тн	Тп
А 01	1	1	1	005	Сборка	ГОСТ 16037-80 Соединения сварные стальных трубопроводов									
Б 02	Роботизированная ячейка ФЮРА.000001.001 В0, центратор цепной EZSCC 12														
О 03	Собрать узел трубопровода, выдерживая параметры разделки С17, согласно карте эскизов ФЮРА.200000.000001														
04															
А 05	1	1	1	010	Сварка	ГОСТ 16037-80 Соединения сварные стальных трубопроводов									
Б 06	ESAB AristiMIG 5000i, центратор цепной EZSCC 12					Оператор 5									
М 07	Проволока Св-08Г2С ГОСТ 2246-70, углекислый газ ГОСТ 8050-85														
О 08	1 Сделать 4 прихватки длиной 15-20 мм автоматической сваркой в защитном газе согласно схеме на карте эскизов ФЮРА 200000.000001														
09	2 Снять цепной центратор														
010	3 Сварить карновой шов автоматической сваркой в защитном газе согласно схеме на карте эскизов ФЮРА 200000.000001														
011	4 Сварить облицовочный шов автоматической сваркой в защитном газе согласно схеме на карте эскизов ФЮРА 200000.000001														
Т 012	Щиток НН-0-30541 ГОСТ 12035-80, щетка металлическая ГОСТ 1641-75														
О 013															
014															
015															
МК															

Дудл.														
Взам.														
Подл.														

2 2

Разраб.	Петраченко П.И.			НИ ТПУ ЭОИ Группа 3-1В61	Узел трубопровода ТЭЦ	ФЮРА.10000.00002
Провер.	Киселев А.С.					
Нормир.						
Н.контр.						
Утв.						

А	Цех	Уч	РМ	Опер.	Код, наименование операции	Обозначение документа									
						См	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Тпз.
Б	Код, наименование оборудования					Обозначение, код									
К/М	Наименование детали, сб. единицы или материала					ОПП	ЕВ	ЕН	КИ	Н.расх.					
РСЗ	ПС	НП	НМ	Рк	Рг	Пл	U	I	Vc	Vn	Qoz	Qoz	Qk	Tn	Tn
A 01	1	1	1	015	Контроль ВИК	ГОСТ 16037-80, РД 153-34.1-003-01									
O 02	Визуально проконтролировать швы на наличие дефектов					Дефектоскопист 5									
T 03	УШС-3 ГОСТ 15150-69, Луна ГОСТ 25706-83														
04															
A 05	1	1	1	020	Контроль УЭК	РД 153-34.1-003-01									
Б 06	Дефектоскоп ультразвуковой Скаруч					Дефектоскопист 5									
O 07	Визуально проконтролировать швы на наличие дефектов														
T 08	УШС-3 ГОСТ 15150-69, Луна ГОСТ 25706-83														
09															
010															
011															
012															
013															
014															
015															



Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Согласовано

Изм.	Кол.ч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата
Разработал					
Проверил					

ФЮРА.000001.001 В0		
Роботизированная ячейка для сварки узла трубопровода	Стадия	Лист
НИ ТПУ ИнЭО Группа 3-1В61		
Формат А3		