



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

Школа	<u>Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности</u>
Направление подготовки	<u>15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств</u>
ООП/ОПОП	<u>Автоматизация сварочных процессов и производств</u>
Специализация	<u>Автоматизация сварочных процессов и производств</u>
Отделение	<u>электронной инженерии</u>

### ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА БАКАЛАВРА

Тема работы
Разработка автоматизированной системы сборки и автоматической сварки трубной решетки из стали 12Х1МФ

УДК 621.791.7:669.15-194:66.045-049.1

Обучающийся

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1В91	Тазитдинов Руслан Равильевич		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ	Першина А.А.	к.т.н.		

### КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОСГН	Гасанов М.А.	д.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель ООД	Мезенцева И. Л.			

Нормоконтроль

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ	Дерюшева В.Н.	к.т.н.		

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП, должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ	Першина А.А.	к.т.н.		

## ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ООП

Код компетенции	Наименование компетенции
<b>Универсальные компетенции</b>	
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
<b>Общепрофессиональные компетенции</b>	
ОПК(У)-1	Способен использовать основные закономерности, действующие в процессе изготовления продукции требуемого качества, заданного количества при наименьших затратах общественного труда
ОПК(У)-2	Способен решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности
ОПК(У)-3	Способен использовать современные информационные технологии, технику, прикладные программные средства при решении задач профессиональной деятельности

<b>ОПК(У)-4</b>	Способен участвовать в разработке обобщенных вариантов решения проблем, связанных с автоматизацией производств, выборе на основе анализа вариантов оптимального прогнозирования последствий решения
<b>ОПК(У)-5</b>	Способен участвовать в разработке технической документации, связанной с профессиональной деятельностью
<b>Профессиональные компетенции</b>	
<b>ПК(У)-1</b>	Способен собирать и анализировать исходные информационные данные для проектирования технологических процессов изготовления продукции, средств и систем автоматизации, контроля, технологического оснащения, диагностики, испытаний, управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством; участвовать в работах по расчету и проектированию процессов изготовления продукции и указанных средств и систем с использованием современных информационных технологий, методов и средств проектирования
<b>ПК(У)-2</b>	Способен выбирать основные и вспомогательные материалы для изготовления изделий, способы реализации основных технологических процессов, аналитические и численные методы при разработке их математических моделей, методы стандартных испытаний по определению физико-механических свойств и технологических показателей материалов и готовых изделий, стандартные методы их проектирования, прогрессивные методы эксплуатации изделий
<b>ПК(У)-3</b>	Способен применять способы рационального использования сырьевых, энергетических и других видов ресурсов, современные методы разработки малоотходных, энергосберегающих и экологически чистых технологий, средства автоматизации технологических процессов и производств
<b>ПК(У)-4</b>	Способен участвовать в постановке целей проекта (программы), его задач при заданных критериях, целевых функциях, ограничениях, разработке структуры его взаимосвязей, определении приоритетов решения задач с учетом правовых и нравственных аспектов профессиональной деятельности, в разработке проектов изделий с учетом технологических, конструкторских, эксплуатационных, эстетических, экономических и управленческих параметров, в разработке проектов модернизации действующих производств, создании новых, в разработке средств и систем автоматизации, контроля, диагностики, испытаний, управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством в соответствии с техническими заданиями и использованием стандартных средств автоматизации расчетов и проектирования
<b>ПК(У)-5</b>	Способен участвовать в разработке (на основе действующих стандартов и другой нормативной документации) проектной и рабочей технической документации в области автоматизации технологических процессов и производств, их эксплуатационному обслуживанию, управлению жизненным циклом продукции и ее качеством, в мероприятиях по контролю соответствия разрабатываемых проектов и технической документации действующим стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам

<b>ПК(У)-6</b>	Способен проводить диагностику состояния и динамики производственных объектов производств с использованием необходимых методов и средств анализа
<b>ПК(У)-18</b>	Способен аккумулировать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт в области автоматизации технологических процессов и производств, автоматизированного управления жизненным циклом продукции, компьютерных систем управления ее качеством
<b>ПК(У)-19</b>	Способен участвовать в работах по моделированию продукции, технологических процессов, производств, средств и систем автоматизации, контроля, диагностики, испытаний и управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством с использованием современных средств автоматизированного проектирования, по разработке алгоритмического и программного обеспечения средств и систем автоматизации и управления процессами
<b>ПК(У)-20</b>	Способен проводить эксперименты по заданным методикам с обработкой и анализом их результатов, составлять описания выполненных исследований и подготавливать данные для разработки научных обзоров и публикаций
<b>ПК(У)-21</b>	Способен составлять научные отчеты по выполненному заданию и участвовать во внедрении результатов исследований и разработок в области автоматизации технологических процессов и производств, автоматизированного управления жизненным циклом продукции и ее качеством
<b>ПК(У)-22</b>	Способен участвовать: в разработке программ учебных дисциплин и курсов на основе изучения научной, технической и научно-методической литературы, а также собственных результатов исследований; в постановке и модернизации отдельных лабораторных работ и практикумов по дисциплинам профилей направления; способностью проводить отдельные виды аудиторных учебных занятий (лабораторные и практические), применять новые образовательные технологии, включая системы компьютерного и дистанционного обучения

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

Школа	<u>Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности</u>
Направление подготовки	<u>15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств</u>
ООП/ОПОП	<u>Автоматизация сварочных процессов и производств</u>
Специализация	<u>Автоматизация сварочных процессов и производств</u>
Отделение	<u>электронной инженерии</u>

УТВЕРЖДАЮ:  
 Руководитель ООП  
 \_\_\_\_\_ А.А. Першина  
 (Подпись) (Дата) (ФИО)

### ЗАДАНИЕ на выполнение выпускной квалификационной работы

Обучающийся:

Группа	ФИО
1В91	Тазитдинов Руслан Равильевич

Тема работы:

Разработка автоматизированной системы сборки и автоматической сварки трубной решетки из стали 12Х1МФ	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	08.02.2023, 39-33/с

Срок сдачи обучающимся выполненной работы:	
--	--

#### ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p><b>Исходные данные к работе</b>  <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 функционированию (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.)</i></p>	<p><i>Объектом исследования данной работы является автоматизированная система сборки и автоматической сварки трубной решетки.</i></p>
<p><b>Перечень разделов пояснительной записки подлежащих исследованию, проектированию и разработке</b>  <i>(аналитический обзор литературных источников 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>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Обзор литератур</li> <li>• Разработка автоматизированной системы</li> <li>• Расчет параметров сварки</li> <li>• Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</li> <li>• Социальная ответственность</li> <li>• Заключение</li> </ul>

<b>Перечень графического материала</b> <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	<i>Сварочный робот</i>
<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b> <i>(с указанием разделов)</i>	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Гасанов М.А.
Социальная ответственность	Мезенцева И. Л.

<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	
---	--

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ	Першина А.А.	к.т.н.		

**Задание принял к исполнению обучающийся:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1В91	Тазитдинов Руслан Равильевич		

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

Школа Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности  
 Направление подготовки 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств  
 ООП/ОПОП Автоматизация сварочных процессов и производств  
 Специализация Автоматизация сварочных процессов и производств  
 Отделение электронной инженерии

### КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Обучающийся:

Группа	ФИО
1В91	Тазитдинов Руслан Равильевич

Тема работы:

Разработка автоматизированной системы сборки и автоматической сварки трубной решетки из стали 12Х1МФ
--

Срок сдачи обучающимся выполненной работы:	
--	--

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
22.03.2023	<i>Обзор литературы</i>	
07.04.2023	<i>Особенности конструкции</i>	
19.05.2023	<i>Технология автоматизированной системы сборки</i>	

**СОСТАВИЛ:**

**Руководитель ВКР**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ	Першина А.А.	к.т.н.		

**СОГЛАСОВАНО:**

**Руководитель ООП**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ	Першина А.А.	к.т.н.		

**Обучающийся**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1В91	Тазитдинов Руслан Равильевич		

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 87 с., 12 рис., 33 табл., 28 источников, 3 прил.

Ключевые слова: трубная решетка, труба, робот, сварка, проволока.

Объектом исследования (разработки) является система автоматизированной сборки и автоматической сварки трубной решетки.

Цель работы – разработать систему сборки и автоматической сварки трубной решетки из стали 12Х1МФ, конструктивными размерами  $D=530$ , толщина стенки 40 мм.

В ходе работы проводились расчеты параметров автоматизированной сварки в среде защитных газов, подобраны сварочные параметры материала, подобрано автоматизированное оборудование, разработан комплект технической документации.

В результате было подобрано автоматизированное оборудование для сборки и сварки. Разработана техническая документация для корпуса парового котла с размерами.

Область применения: сварочное производство, электроэнергетика.

Экономическая эффективность обусловлена более качественной и быстрым процессом производства. Так же низкой ценой в сравнении с аналогами.

## ОПРЕДЕЛЕНИЯ, СОКРАЩЕНИЯ И НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

В настоящей работе применены следующие термины с соответствующими определениями:

теплообменник: Техническое устройство, в котором осуществляется теплообмен между двумя и более средами, имеющими различные температуры.

кожухотрубный теплообменник: Устройство, в котором поверхность теплообмена между двумя потоками сформирована из труб, заключённых в кожух, а теплообмен осуществляется через поверхность этих труб.

В данной работе использованы ссылки на следующие стандарты:

1. ГОСТ Р 55601 – 2013 Аппараты теплообменные и аппараты воздушного охлаждения. Крепление труб в трубных решетках. Общие технические требования.

2. ГОСТ 13202 – 77 – Аппараты теплообменные кожухотрубчатые с плавающей головкой. Размещение отверстий под трубы в трубных решетках и перегородках.

В настоящей работе использованы следующие сокращения:

$d_e$  — номинальный наружный диаметр трубы, мм;

$d_e^{max}$  — наибольший предельный наружный диаметр трубы, мм;

$D$  – диаметр трубной решетки, мм;

$D_0$  – диаметр предельной окружности, за которой не располагают отверстия под трубы;

$R$  – расстояние от центра до наиболее удаленной образующей отверстия;

$\sigma_b$  - Предел кратковременной прочности, МПа;

$\sigma_T$  - Предел пропорциональности (предел текучести для остаточной деформации), МПа;

$\delta_5$  - Относительное удлинение при разрыве, %;

$\psi$  - Относительное сужение, %;

KCU - Ударная вязкость, кДж / м<sup>2</sup>;

$T$  - Температура, при которой получены физические свойства стали, °С;  
 $E$  - Модуль упругости первого рода, МПа;  
 $\alpha$  - Коэффициент температурного (линейного) расширения,  $1/^\circ\text{C}$ ;  
 $\lambda$  - Коэффициент теплопроводности, Вт/(м·°С);  
 $\rho$  - Плотность материала, кг/м<sup>3</sup>;  
 $C$  - Удельная теплоемкость материала, Дж/(кг·°С);  
 $R$  - Удельное электросопротивление, Ом·м;  
 $\alpha_p$  – коэффициент расплавления проволоки, г/А · ч;  
 $\rho$  – плотность металла электродной проволоки, г/см<sup>3</sup>;  
 $\alpha_n$  - коэффициент наплавки, г/А ч;  
 $\Psi$  - коэффициент потерь металла на угар и разбрызгивание;  
 $F_B$  - площадь поперечного сечения одного валика, см<sup>2</sup>;  
 $k_{\Pi}$  – коэффициент использования сварочного поста;  
 $G_H$  – масса наплавленного металла, г;  
 $C_{\text{ЭК}}$  - количественная характеристика свариваемости.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	13
1 Обзор литературы.....	14
1.1. Применение и назначение теплообменных аппаратов.....	14
1.2. Назначение трубной решетки.....	15
2 Особенности конструкции.....	18
2.1. Технические характеристики объекта исследования.....	18
2.2. Характеристика основного материала изделия.....	19
2.3. Свариваемость 12Х1МФ.....	21
3 Технология автоматизированной система сборки.....	24
3.1. Выбор способа сварки.....	24
3.2. Выбор сварочного оборудование.....	24
3.3. Расчет параметров сварки.....	31
3.3.1. Метод контроля качества сварного соединения.....	32
3.4. Выбор оборудования для сборки.....	34
3.5. Моделирование траектории.....	35
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	39
4.1. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	40
4.1.1. Потенциальные потребители результатов исследования.....	40
4.1.2. Анализ конкурентных технических решений.....	41
4.1.3. SWOT-анализ.....	43
4.2. Планирование работ по научно-техническому исследованию.....	46
4.2.1. Структура работ в рамках научного исследования.....	46
4.2.2. Определение трудоёмкости выполнения работ.....	47
4.2.3. Разработка графика проведения научного исследования.....	48
4.2.4. Бюджет научно-технического исследования.....	50
4.2.5. Расчёт затрат на специальное оборудование для научных работ.....	51
4.2.6. Основная заработная плата исполнителя темы.....	52
4.2.7. Расчёт дополнительной заработной платы.....	54
4.2.8. Отчисления во внебюджетные фонды.....	55
4.2.9. Накладные расходы.....	55
4.2.10. Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта.....	56
4.3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.....	56
Заключение.....	59
5 Социальная ответственность.....	62

5.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	62
5.1.1. Правовые нормы трудового законодательства .....	62
5.1.2. Эргономические требования к правильному расположению и компоновке рабочей зоны.....	64
5.2. Производственная безопасность .....	65
5.3. Экологическая безопасность .....	70
5.4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях .....	71
Выводы по разделу «Социальная ответственность».....	73
Заключение.....	75
Список литературы.....	76
Приложение А.....	79
Приложение Б .....	81
Приложение В.....	82

## **ВВЕДЕНИЕ**

Автоматизация процессов производства является одним из важных направлений современной индустриализации, позволяющим повысить эффективность и качество производственных операций. В настоящее время процесс сборки и сварки трубных решеток часто осуществляется вручную, что требует значительных временных и трудовых затрат, а также может сопровождаться ошибками и недостаточной точностью. Разработка автоматизированной системы, способной выполнять данные операции, позволит существенно повысить производительность, точность и качество процесса сборки и сварки.

Целью работы является создание комплексной системы, позволяющей автоматизировать процесс сборки и сварки трубной решетки, сократить время выполнения работ, повысить качество сварных соединений и улучшить безопасность труда операторов.

Результаты данной работы будут полезны для предприятий и организаций, занимающихся проектированием и производством трубных конструкций, а также для нужд теплоэнергетических предприятий.

# 1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

## 1.1. Применение и назначение теплообменных аппаратов

Теплообменные аппараты, разработанные для эффективной передачи тепла между средами, имеют важное назначение во множестве технических и промышленных процессов, а также в повседневной жизни. Они способны охлаждать и нагревать жидкости и газы, обеспечивать энергетическую эффективность и повышать производительность систем.

Процесс передачи тепловой энергии между двумя средами, имеющими различные температуры и физические свойства, основан на принципах теплопроводности, конвекции или излучения.

Теплообменные аппараты находят широкое применение в разных отраслях и областях. Например, они используются в системах отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха (ОВК) для комфортных условий в зданиях, обеспечивая передачу тепла между носителями, такими как горячая вода и воздух.

Кроме того, теплообменные аппараты применяются в промышленных процессах, таких как охлаждение оборудования, конденсация паров и нагрев реакционных смесей. Они находят применение в различных отраслях, включая нефтегазовую, химическую, энергетическую и пищевую промышленность.

Разнообразие теплообменных аппаратов включает пластинчатые, трубчатые, теплообменники с рифленой поверхностью и другие конструкции, оптимизированные для различных условий и требований процесса.

Использование теплообменных аппаратов имеет ряд преимуществ, таких как повышение энергетической эффективности систем, снижение затрат на энергию и увеличение производительности. Они также способствуют экономии ресурсов, позволяя использовать отходы тепла в одном процессе для нагрева других сред.

Также существуют водяные, воздушные и другие виды теплообменников.

Таким образом, теплообменники имеют широкий спектр применения и используются в различных отраслях промышленности для эффективной передачи тепла между средами. [1]

Среди всех типов теплообменников наиболее часто используются кожухотрубные теплообменники, теплообменное оборудование. Наиболее распространенными типами кожухотрубных теплообменников являются: Фиксированный теплообменник трубной решетки (несъемный трубный пучок): самый простой и дешевый тип кожухотрубного теплообменника с фиксированной конструкцией трубной доски. В этом типе теплообменников трубная решетка приварена к корпусу и не имеет относительного перемещения между возможен кожухотрубный пучок. [2]

### **1.2. Назначение трубной решетки**

Решетки и перегородки являются неотъемлемыми компонентами всех тепловых агрегатов. Они играют важную роль в обеспечении механической стабильности конструкции и усилении процессов внутри агрегатов.

Трубные решетки теплообменников представляют собой круглые перфорированные детали с отверстиями, которые равномерно располагаются на их поверхности. Эти отверстия могут иметь гладкую структуру и могут быть снабжены канавками.

Из-за высокой нагрузки, которая действует на перегородки и решетки, их технические характеристики имеют решающее значение. Основными требованиями к деталям являются: прочность материала, устойчивость к коррозии и защита от агрессивных химических элементов.

Эксплуатационный срок решеток и перегородок рассчитан на период службы оборудования. При поломке решетки, весь теплообменник выходит из строя, поэтому требования к техническим параметрам деталей очень высоки. Основные функции трубных решеток в теплообменниках заключаются в поддержании трубок в безопасной позиции и разделении трубной и межтрубной зон.

Трубные решетки теплообменников изготавливаются из стального листового материала или поволоки. В случае агрегатов с большим диаметром, возможно применение сварных решеток. При этом необходимо избегать пересечения сварных швов и обеспечивать минимальное расстояние от отверстий до края сварной линии (не менее 0,8 части диаметра отверстия).

Трубные решетки в тепловых агрегатах типа ТН и ТК являются неподвижными. Они прочно прикреплены к корпусу, обеспечивая жесткость конструкции и исключая возможность перемещений. Трубы же устанавливаются на решетки.

Перегородки в тепловых агрегатах устанавливаются в межтрубной зоне и могут быть продольными или поперечными. Продольные перегородки используются в многоходовых тепловых агрегатах для разделения межтрубной зоны на отдельные ходы. Поперечные перегородки бывают двух видов: опорные и ходовые. Опорные перегородки служат для стабилизации расстояний между трубами, а ходовые выполняют ряд функций, таких как координация движения теплоносителя по перпендикулярной оси трубе траектории, повышение скорости теплового потока в межтрубной зоне, поддержание трубного пучка и снижение вибрации труб в агрегатах-конденсаторах и испарителях.

Перегородки различаются по таким параметрам, как толщина, форма, материал и размер. Величина этих параметров зависит от конструкции, типа и размеров самого аппарата, а также регламентируется соответствующими стандартами. [3]

Среди разновидностей стандартных технологических сварочных соединений довольно распространено соединение «трубная решетка» или «трубная доска». Такие соединения широко применяются в теплообменниках различных назначений, начиная от котельного оборудования заканчивая фармацевтическим. Конструкция сварного соединения трубная решетка (трубная доска) представляет собой плоскую поверхность металлической плиты или листа со сквозными отверстиями, в которые вварены трубы. Таким

образом, среда, проходящая по трубам, отделена от среды, проходящей между труб, стенками труб, которые сохраняя термоконтакт препятствуют смешиванию проходящих рабочих сред.

В зависимости от назначения сферы деятельности и структуры рабочей среды теплообменники различаются конструкцией трубной решетки (трубной доски) и материалом, из которого они изготовлены. В качестве материала для котельного оборудования применяются простые стали типа Ст10, Ст20 или жаропрочные 12Х1МФ. В судостроении применяются преимущественно титановые сплавы, а в пищевой и фармацевтической промышленности применяются нержавеющие стали и сплавы химически нейтральные по отношению к рабочим средам. В отдельных случаях применяются цветные теплопроводящие медные или алюминиевые сплавы.[4]

## 2 ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКЦИИ

### 2.1. Технические характеристики объекта исследования

Согласно своему назначению трубная решетка теплообменного аппарата имеет вид круглой пластины с рядами сквозных отверстий внутри нее. Типовые трубные доски конденсаторов обладают следующими характеристиками:

- температурный диапазон эксплуатации – от  $-70^{\circ}\text{C}$  до  $+550^{\circ}\text{C}$ ;
- материальное исполнение – стали нержавеющей коррозионностойкие, жаропрочные, хладостойкие, окалиностойкие, ферритного, аустенитного класса, низколегированные и углеродистые;
- способ соединения с трубками – сварка. [5]

Таблица 1. ГОСТ 13202—77, трубная решетка обладают следующими характеристиками: [6]

D	H	$D_0$	$d_e$	2R	Число отверстий в трубной решетках и перегородках, не менее										Общее количество
					По рядам										
					1	2	3	4	5	6	7	8	9		
530	40	462	25	453	10	9	10	9	8	7	6	5	4	132	

Чертеж приложение А

Таблица 2. ГОСТ Р 55601-2013, трубы обладают следующими характеристиками: [7]

Диаметры трубных отверстий и диаметральные зазоры		
Толщина стенки трубы S		2
Номинальный наружный диаметр трубы $d_e$		25
Класс точности соединения труба — трубная решетка		3
Предельный наружный диаметр трубы	Наибольший $d_e^{max}$ , не более	25,3
	Наименьший $d_e^{min}$ , не менее	24,7
Номинальный диаметр трубного отверстия, $d_p$		25,35
Наибольший предельный диаметр трубного отверстия	$d_p^{max}$ по Н11	25,48
	$d_p^{max}$ доп по Н12*	25,56

Диаметральный зазор между трубой и трубным отверстием	Наибольший $\Delta^{max} = d_p^{max} - d_e^{min}$	0,78
	Наибольший допустимый $\Delta_{доп}^{max} = d_{р доп}^{max} - d_e^{min}$	0,86
	Наименьший $\Delta^{min} = d_p - d_e^{max}$	0,05

## 2.2. Характеристика основного материала изделия

Трубная решетка подвергается большой температуре от  $-70^{\circ}\text{C}$  до  $+550^{\circ}\text{C}$ . Поэтому для изготовления трубной решетки нужна сталь, которая выдерживает такую высокую температуру и не повредится при перепаде температуры.

Сталь 12Х1МФ хорошо подходит, так как жаропрочная и низколегированная, используется для изготовления деталей, работающих при температуре  $540-580^{\circ}\text{C}$ . [8]

Химический состав.

Углерод (С) придает сплавам прочность и твердость, но снижает пластичность и вязкость.

Кремний (Si) обычно присутствует в небольшом количестве в стали и не оказывает значительного влияния на её свойства. Он может использоваться в качестве активного раскислителя с добавлением около 0,4% кремния в сталь.

Марганец (Mn), также, как и кремний, присутствует в углеродистой стали в незначительном количестве и обычно не оказывает существенного влияния на её свойства. Он добавляется в сталь в диапазоне от 0,3% до 0,8% для раскисления и уменьшения вредного влияния кислорода и серы.

Никель (Ni) придает стали устойчивость к коррозии, высокую прочность и пластичность, а также повышает прокаливаемость и влияет на коэффициент теплового расширения.

Сера (S) является вредной примесью для стали. Она обычно присутствует в виде соединения FeS и может привести к хрупкости стали при высоких температурах. Наличие серы увеличивает истираемость стали, уменьшает ее сопротивление усталости и коррозионную стойкость.

Фосфор (P) также считается вредной примесью. Он уменьшает вязкость стали при низких температурах, что может вызывать хрупкость при охлаждении. Однако фосфор может улучшить обрабатываемость стали, поскольку способствует разделению стружки.

Кремний (Cr) в содержании свыше 1% оказывает особое влияние на свойства стали. К примеру, содержание 1-1,5% кремния увеличивает прочность, при этом сохраняется вязкость. Большее количество кремния в стали увеличивает электросопротивление и магнитопроницаемость.

Молибден (Mo) повышает красностойкость, упругость, предел прочности на растяжение, антикоррозионные свойства и сопротивление окислению при высоких температурах.

Ванадий (V) увеличивает твердость и прочность стали, а также уменьшает размер зерна. Он также используется в качестве раскислителя, однако является дорогим и дефицитным элементом.

Медь (Cu) улучшает антикоррозионные свойства стали. [9]

Таблица 3. ГОСТ 20072 – 74:

Химический состав в % стали марки 12Х1МФ									
C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Mo	V	Cu
0.08-0.15	0.17-0.37	0.4-0.7	до 0.3	до 0.025	до 0.03	0.9-1.2	0.25-0.35	0.15-0.3	до 0.2

Таблица 4. Механические свойства при T=20°C материала 12Х1МФ.

Сортамент	Размер	Напр.	$\sigma_B$	$\sigma_T$	$\delta_5$	$\psi$	КСУ
-	мм	-	МПа	МПа	%	%	кДж / м <sup>2</sup>
Прутки		Прод.	480	260	21	55	1000
Поковки		Прод.	480	260	20	50	600

Физические свойства. К основным физическим свойствам стали относятся такие свойства материалов, как плотность, теплоемкость, модуль

упругости, температурное расширение. Изменяющиеся значения в зависимости от температуры указаны в таблице 5.

Таблица 5. Физические свойства

T	$E \cdot 10^{-5}$	$\alpha \cdot 10^6$	$\lambda$	$\rho$	C	$R \cdot 10^9$
Град	МПа	1/Град	Вт/(м·град)	кг/м <sup>3</sup>	Дж/(кг·град)	Ом·м
20	1.98			7800		230
100	1.93	12.4	44	7780		278
200	1.88	13.0	44	7750		343
300	1.83	13.6	42	7720		430
400	1.75	14.0	40	7680		532
500	1.67	14.4	37	7640		647
600	1.57	14.7	35	7600		775
700	1.51	14.9	32	7570		962
800		14.8	28	7540		1087
900		12.0	28	7560		1130

[8]

### 2.3. Свариваемость 12Х1МФ

Свариваемость без ограничений достижима, если варить не подогретую сталь без дальнейшей термической обработки. Но использование такого режима удастся с большим трудом и при низком качестве работы. Как и для других низкоуглеродных сталей, рекомендовано применение сварочной проволоки порошкового типа, отвечающей нормам ГОСТ Р ИСО 7634. Очень важно добиваться продолжительной крепости обрабатываемого металла при повышенной температуре.

Свариваемость данной марки колеблется от легкой до трудносвариваемой:

- сварка без ограничений не требует ни предварительной, ни последующей термической обработки;

- ограниченно свариваемая сталь нуждается в прогреве перед свариванием до 100-120 градусов Цельсия и дополнительной обработке после сварки;

- при варке трудносвариваемой стали, необходимо прогреть элементы до 200-300 градусов, и лишь после этого начинать сварку. После чего

рекомендуется провести отжиг для получения более высокого качества швов.  
[10]

Таблица 6. Температура критических точек, °С

Ac1	Ac3(Acm)	Ar3(Arcm)	Ar1	Mn
760	890	825	730	430

Свариваемость материалов включает в себя важный аспект - отсутствие трещин, будь то холодные или горячие. Горячие трещины возникают при высоких температурах, обычно свыше 800-900 °С, в то время как холодные трещины формируются при более низких температурах, менее 300 °С.

Появление холодных трещин связано с различными факторами, такими как закалочные явления, присутствие атомов водорода и остаточные растягивающие напряжения. Оценка чувствительности сварного соединения к образованию холодных трещин производится на основе эквивалентного содержания углерода в детали.

Важно отметить, что свариваемость материалов тесно связана с предотвращением образования трещин, особенно холодных. Это требует учета факторов, влияющих на закалочные процессы, концентрацию водорода и уровень внутренних напряжений в процессе сварки. Разработка стратегий снижения риска появления трещин является важной задачей при обеспечении качественного сварного соединения.

Формула рекомендованная ГОСТ 27772–88 для всех сталей:

$$C_{\text{эк}} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr}{6} + \frac{Si}{5} + \frac{Cu}{7} + \frac{P}{2} + \frac{Ni}{12} + \frac{Mo}{4} + \frac{V}{5}, \quad (1.1)$$

Где,  $C$ ,  $Mn$ ,  $Si$ ,  $Cr$ ,  $Cu$ ,  $P$ ,  $Ni$ ,  $Mo$ ,  $V$  – содержание элементов, %;

Применив данную формулу для расчета, получаем:

$$C_{\text{эк}} = 0,12 + \frac{0,2}{5} + \frac{0,5}{6} + \frac{1}{6} + \frac{0,3}{4} + \frac{0,25}{12} + \frac{0,15}{7} + \frac{0,2}{5} + \frac{0,025}{2} = 0,57\%, \quad (1.2)$$

При  $C_{\text{эк}} > 0,5$  до  $0,6$  – свариваемость ограниченная, требуются подогрев и отжиг, или нормализация. Для определения температуры предварительного подогрева нужно определить полный эквивалент углерода.

Рассчитаем размерный эквивалент углерода по формуле:

$$C_p = 0,005 \cdot S \cdot C_{\text{эк}}, \quad (1.3)$$

где  $S$  – толщина свариваемых деталей.

$$C_p = 0,005 \cdot 8 \cdot 0,57 = 0,023 \%, \quad (1.4)$$

Суммарный эквивалент углерода рассчитаем по формуле:

$$\sum C_{\text{эк}} = C_{\text{эк}} + C_p, \quad (1.5)$$

$$\sum C_{\text{эк}} = 0,57 + 0,023 = 0,593\%, \quad (1.6)$$

Для определения температуры подогрева, используем следующую формулу:

$$T_{\text{п}} = 350\sqrt{C_{\text{эк}} - 0,25}, \quad (1.7)$$

$$T_{\text{п}} = 350\sqrt{0,593 - 0,25} \approx 204 \text{ }^\circ\text{C}, \quad (1.8)$$

В процессе кристаллизации металла шва в ЗТВ могут возникать горячие трещины. Они проходят по границам кристаллитов и вызывают межкристаллитное разрушение. Чувствительность сварного соединения к образованию горячих трещин (HCS) вычисляют по формуле:

$$HCS = \frac{C(S + P + Si/25 + Ni/100)1000}{3Mn + Cr + Mo + V} \%, \quad (1.9)$$

Используем данную формулу для проверки склонности стали 12Х1МФ к образованию горячих трещин, получаем:

$$HCS = \frac{0,12(0,025 + 0,025 + 0,2/25 + 0,25/100)1000}{3 \cdot 0,5 + 1 + 0,3 + 0,2} = 2,42\%, \quad (1.11)$$

При  $HCS < 4$  горячие трещины не образуются. В результате расчета получено  $HCS = 2,42\%$ , сталь не склонна к появлению горячих трещин. [11]

## **3 ТЕХНОЛОГИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМА СБОРКИ**

### **3.1. Выбор способа сварки**

Режим сварки обычно относится к способу работы сварочного оборудования или параметрам, устанавливаемым для выполнения сварочного процесса. Режим сварки включает в себя различные параметры, такие как сила тока, напряжение, скорость подачи электрода и другие факторы, которые влияют на процесс сварки и качество сварного соединения.

Режим сварки может быть определен для разных типов сварочных процессов, таких как дуговая сварка, газовая сварка, точечная сварка и другие. Например, для дуговой сварки с использованием сварочного аппарата можно установить определенные значения силы тока и напряжения, чтобы достичь требуемой глубины проникновения и формы сварного шва. В случае газовой сварки режим сварки может включать выбор типа газа и его расхода, а также установку соответствующих параметров подачи газа и температуры пламени.

Выбор и оптимальная настройка режима сварки зависит от типа материала, толщины свариваемых деталей, требуемых свойств сварного соединения и других факторов. Экспериментирование с различными режимами сварки и настройка их в соответствии с конкретной задачей являются важными аспектами сварочного процесса, которые влияют на его эффективность и качество результатов.

### **3.2. Выбор сварочного оборудование**

Наиболее оптимальный вариант газа для сварки стали 12Х1МФ это использование газовой смеси К-18 (18% CO<sub>2</sub>+Ar), ТУ 2114-004-00204760-99. Этот газ подходит для сварки низколегированных сталей. Также далее будет рассмотрено, что это позволит облегчить технологию сварки пластин толщиной стенки 20мм.

Баллон с газом подключается через редуктор в источник питания, а через источник питания в механизм подачи проволоки, который установлен на работе.

В качестве стальной сварочной проволоки будет использоваться проволока Св-08ХМФА -проволока с добавлением марганца и кремния. Добавление этих элементов позволит удалять кислород, который может образовываться в металле шва, путём взаимодействия и образования оксидов, которые в свою очередь выйдут в качестве шлака. По виду поверхности проволока Св-08ХМФА производится неомедненной и омедненной. Медное покрытие - 6 мкм. Поверхность проволоки должна быть чистой и гладкой, без трещин, расслоений, плен, закатов, забоин, окалины, ржавчины, масла и других загрязнений. Допускаются отдельные риски, царапины, местная рябизна, вмятины глубиной не более предельного отклонения по диаметру. Омедненная проволока сокращает время от первого касания поверхности металла до стабильного горения дуги в 2-3 раза по сравнению с неомедненной. Она способствует образованию симметричных и одинаковых по размеру капель металла на торце электрода и их равномерному переносу в сварочную ванну.

Для данных параметров сварки был выбран источник питания от компании Lorch S5 RoboMIG XT. [12] Характеристики данного источника питания указаны в таблице 7.



Рисунок 1 - Lorch S5 RoboMIG XT

Таблица 7. Характеристики Lorch S 5 RoboMIG XT

Сварочный ток, А	25-400
Сетевое напряжение, В	3~400
Габариты, мм	1116x463x812
Вес, кг	97,3

Моток проволоки также входит в механизм подачи проволоки на работе. Механизм выбран Lorch RF-06 [12] характеристики для которого прописаны в таблице 8.

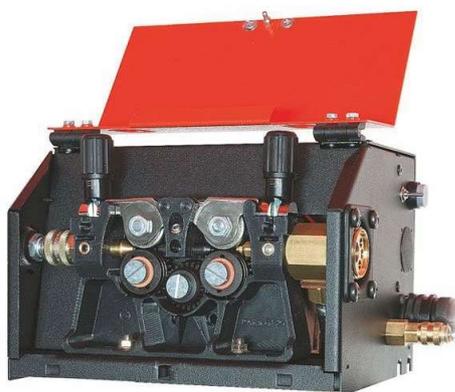


Рисунок 2 - Lorch RF-06

Таблица 8. Характеристика Lorch RF-06

Выход, Вт	100
Подача проволоки, м/мин	0,1-25
Габариты, мм	310x200x160
Вес, кг	7,2

Механизм подачи проволоки подключается к источнику питания через кабель LorchNet, по средствам внутреннего протокола компании Lorch. С технической точки зрения LorchNet представляет собой современную систему сопряжения шин: цифровую магистраль данных со стандартизированной связью. Это соединение снабжает все промышленные сварочные аппараты и компоненты Lorch сигналами и гарантирует, что они прекрасно понимают друг друга. [13]

В качестве сварочной горелки выбрана Lorch ML 3600.

Таблица 9. Характеристика Lorch ML 3600

Сварочный ток, CO <sub>2</sub> /смесь, А	300/270
ПВ, %	60
Проволока, мм	0,8-1,2
Длина шланг-пакета, м	3/4/5



Рисунок 3 - Горелка Lorch ML 3600

### Выбор робота манипулятора

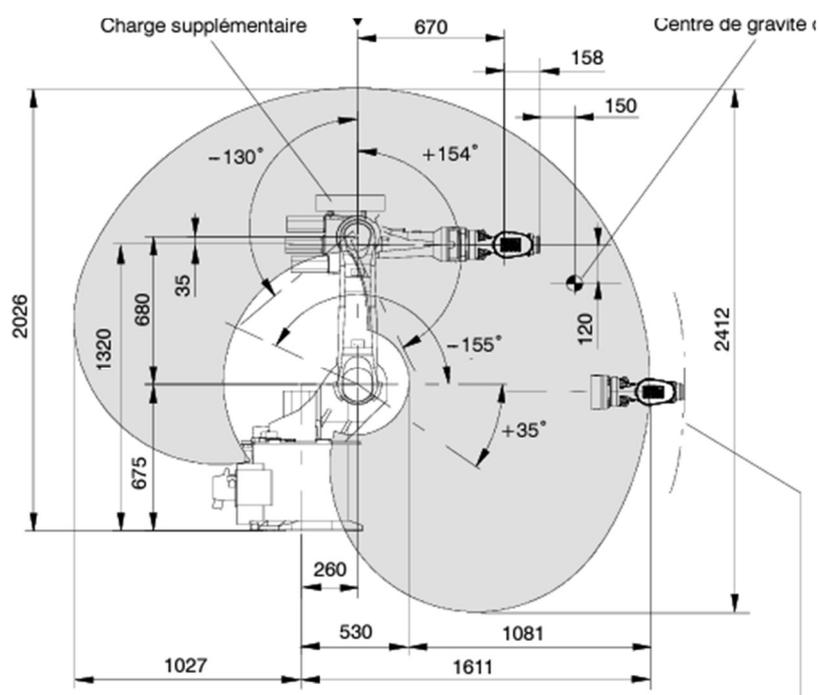


Рисунок 4 – Рабочая область робота

Исходные данные для подбора робота:

Помещение размеров 4x4x4 (м)

Номинальная масса  $\geq 16$  кг

Промышленные протоколы ProfiNet, Modbus

Точность  $\pm 0,05$  мм

В качестве манипулятора был выбран KUKA KR16-2.



Рисунок 5 - KUKA KR16-2

Технические характеристики представлены в таблице 10.

Таблица 10. Технические характеристики

Полезная нагрузка	16 кг
Дополнительная нагрузка	10 кг
Максимальный радиус действия	1610 мм
Количество осей	6
Стабильность повторяемости	$< \pm 0,05$ мм
Вес	135 кг
Монтажное положение	На полу, потолке
Система управления	KRC4

Контроллер роботов KUKA KR C4 compact

KUK KUKA KR C4 compact



Рисунок 6 - KUKA KUKA C4 compact

Особенности:

- предельно компактные размеры;
- универсален;
- максимальная универсальность;
- удобство использования;
- многофункциональность;
- надежность и долговечность;

Характеристика системы управления представлена в таблице 11

Таблица 11. Характеристики контроллера

Размеры, мм	460× 483 × 271
Вес, кг	33
Количество осей	6+2
Тип интерфейса связи с ЭВМ	USB, EtherNet, DVI-I
Электропитание	200-230В, 50/60 Гц

LorchNet-Connector - это устройство, которое обеспечивает оптимальное подключение источника S-RoboMIG к пульту управления робота. Он работает как так называемый переводчик и передает все сигналы и информацию внутренней системы шин LorchNet на языке робота. Также все сигналы для управления с горелки – такие как функция продувки, защиты от столкновения и контактный датчик - могут полностью передаваться через систему шин. S-RoboMIG может быть таким образом быстро и гибко подключен к любым роботизированным средам. Полностью цифровой интерфейс LorchNet дает возможность подключения „Plug and Play“ -системы документирования сварочных данных Lorch Q-Data или системы контроля сварочных параметров Q-Sys. Управление и конфигурирование интерфейса LorchNet осуществляется через панель управления источника, который также обеспечивает его питанием. Возможность размещать LorchNet-Connector снаружи на задней части корпуса источника позволяет быстро и легко в любое время заменить один протокол другим. [14]

### 3.3. Расчет параметров сварки

Расчет сварочного тока, А, при сварке проволокой сплошного сечения производится по формуле:

$$I_{\text{св}} = \frac{\pi \cdot d_3^2 \cdot a}{4} = \frac{3,14 \cdot 1^2_{\text{мм}} \cdot 120 \frac{\text{А}}{\text{мм}^2}}{4} = 94,2 \text{ А}, \quad (2.1)$$

Механизированные способы сварки позволяют применять значительно большие плотности тока по сравнению с ручной сваркой. Это объясняется меньшей длиной вылета электрода.

Напряжение дуги и расход углекислого газа выбираются в зависимости от силы сварочного тока по таблице 12.

Таблица 12. Зависимость напряжения и расхода углекислого газа от силы сварочного тока:

Сила сварочного тока, А	90...100
Напряжение дуги, В	19...20
Расход К-18, л/мин	5...10

Скорость подачи электродной проволоки, м/ч, рассчитывается по формуле:

$$V_{\text{пр}} = \frac{4 \cdot \alpha_p \cdot I_{\text{св}}}{\pi \cdot d_3^2 \cdot \rho} = \frac{4 \cdot 10,5 \frac{\text{г}}{\text{А}} \cdot 94,2 \text{ А}}{3,14 \cdot 1^2_{\text{мм}} \cdot 7,8 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}} = 162,1 \frac{\text{м}}{\text{ч}}, \quad (2.2)$$

Значение  $\alpha_p$  рассчитывается по формуле:

$$\alpha_p = 3 + 0,08 \cdot \frac{I_{\text{св}}}{d_3} = 3 + 0,08 \frac{94,2}{1 \text{ мм}} = 10,5 \frac{\text{г}}{\text{А} \cdot \text{ч}}, \quad (2.3)$$

Скорость сварки (наплавки), м/ч, рассчитывается по формуле:

$$V_{\text{св}} = \frac{\alpha_n \cdot I_{\text{св}}}{100 \cdot F_B \cdot \rho} = 1,63 \frac{\text{м}}{\text{ч}}, \quad (2.4)$$

$$\alpha_n = \alpha_p (1 - \Psi) = 10,5 (1 - 0,1) = 9,45, \quad (2.5)$$

$$\Psi = 0,1 \dots 0,15$$

Масса наплавленного металла, г, сварке рассчитывается по следующим формулам:

при сварке:

$$G_H = F_B \cdot I \cdot \rho = 0,7 \cdot 94,2 \cdot 7,8 = 389,6, \quad (2.6)$$

Время горения дуги, ч, определяется по формуле:

$$t_0 = \frac{G_H}{I_{CB} \cdot \alpha_H} = \frac{389,6}{94,2 \cdot 9,45} = 0,44, \quad (2.7)$$

Полное время сварки (наплавки), ч, определяется по формуле:

$$T = \frac{t_0}{k_{II}} = \frac{0,44}{0,6} = 0,73, \quad (2.8)$$

Расход электродной проволоки, г, рассчитывается по формуле:

$$G_{II} = G_H \cdot (1 + \psi) = 389,6(1 + 0,1) = 428,56, \quad (2.9)$$

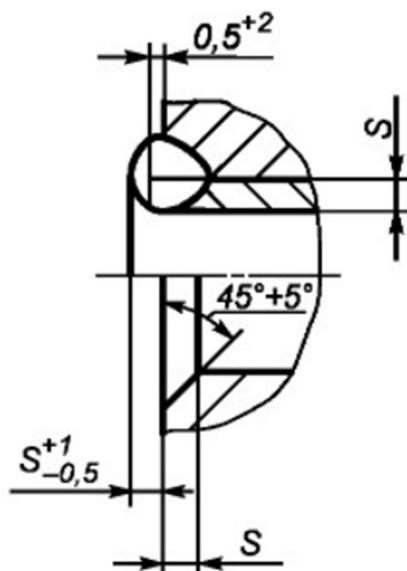


Рисунок 7. Сварочное соединение трубы с трубной решеткой

### 3.3.1. Метод контроля качества сварного соединения

Для метода контроля качества сварного соединения было принято решения в наблюдении за температурой. Oprtris СТ 2М Двухкомпонентный инфракрасный пирометр для измерений температуры поверхности металлов от 250 ° до 2200 °С в процессе термообработки.

Данный инфракрасный пирометр с короткой длиной волны и широким диапазоном измерений температуры до 2200 °С идеально подходит для высокотемпературных измерений металлов, оксидов металлов и керамики. Благодаря короткой длине волны погрешность измерений инфракрасного пирометра уменьшается при низких или меняющихся коэффициентах излучения. Небольшая головка датчика позволяет устанавливать пирометр в ограниченном пространстве. Кроме этого, он может надёжно проводить измерения при температуре окружающего воздуха до 125 °С без дополнительного охлаждения.

Инфракрасные пирометры СТ 1М и 2М применяются для измерений температуры, где требуются короткие длины волн. Например, они всегда надёжно и точно измеряют температуру металлических поверхностей в процессах термообработки металлов (сварка, спекание, прокатка, ковка, закалка), а также оксидов металлов и керамики до 2200 °С. [15]



Рисунок 8 - Optris CT 2M

Электрические характеристики	
Выход (аналоговый)	0/4 – 20 мА, 0 – 5/10 В, термомпара типа J или К, выход аварийной сигнализации
Выход (сигнализация)	24 В / 50 мА (открытый коллектор)
Опционально	Реле: 2 x 60 В DC / 42 В AC <sub>средн.</sub> , 0,4 А; оптическая развязка
Выход (дискретный)	USB, RS232, RS485, CAN, Profibus DP, Ethernet (опционально)
Выходное сопротивление	мА макс. 500 Ом (при 8 – 36 В DC) мВ мин. 100 кОм (нагрузка) термомпара 20 Ом
Входы	Программируемые функциональные входы для внешней настройки коэфф. излучения/ температуры окружающей среды, сброса функций запоминания
Длина кабеля	3 м (по умолч.), 8 м, 15 м
Электропитание	8 – 36 В DC
Потребление тока	Макс. 100 мА

Рисунок 9 – Электрические характеристики

Пирометр будет соединяться с контроллером через Ethernet. Подбираем подходящий switch «Kuka Robot mCon 3080-AK 198959 00-198-959». Данный switch воспринимает протоколы Profibus, ProfiNet, EtherNet IP [16] Общение будет происходить по протоколу Profibus DP.

Чтобы следить за сварочным процессом данные будут записываться в контроллер по средствам описанных выше. Данные будут сравниваться с температурой плавления стали 12Х1МФ, которая равна 1240 °С и если температура сварочной ванны будет выше, то робот будет двигаться быстрее, а если температура сварочной ванны будет ниже, то робот будет двигаться медленнее.

### 3.4. Выбор оборудования для сборки

Для того, чтобы устанавливать трубу в трубную решетку нужно оборудование, нам подходит тот же робот KUKA KR16-2 и контроллер роботов KUKA KR C4 compact.

Для захвата труб, нужен захват, с помощью которого и будет происходить установка труб.

Характеристики данного захвата указаны в таблице 11.



Рисунок 10. Пневматический захват PGN-plus-P 200-1

Таблица 13. Характеристики пневматического захвата PGN-plus-P 200-1

Описание		
Ход на кулачок	[mm]	13
Усилие закрытия/открытия	[N]	870/930
Масса	[kg]	0.08
Рекомендуемая масса заготовки	[kg]	4.35
Время закрывания / открывания	[s]	0.06/0.06
Макс. допустимая длина пальца	[mm]	160
Мин./макс. температура окружающей среды		5/90
Повторяемость	[mm]	0.01
Размеры X x Y x Z	[mm]	120 x 50 x 55

Для подключения захвата к роботу, нужно использовать адаптерную плиту PGN-plus 40. Адаптерная плита имеет встроенные сквозные каналы для бесшлангового прямого присоединения соответствующего захвата.

### 3.5. Моделирование траектории

Траектория движения сварочного робота была построена с помощью написании программного кода на пульте управления роботом. Для этого использовали команды PTP, LIN, CIRC, ARCON, ARCOFF. Первая и вторая

команды используются для того чтобы подвести робота в одну из близких точек от начала сварки и предотвратить столкновения с другими объектами. Третья команда выполняет круговую траекторию, которая задается начальной, вспомогательной и целевой точкой. Четвертая и пятая команды используются для включения и выключения сварки.

В методе ARCON мы задаём параметры режима сварки. Важно, чтобы эти параметры совпадали с параметрами, установленными на источнике питания. Так как у нас есть корневой и последующий швы, то нужно создать на сварочнике два Job. Отличаться они будут силой сварочного тока, напряжением на дуге, скоростью подачи тока. Саму скорость сварки мы указываем только на пульте.

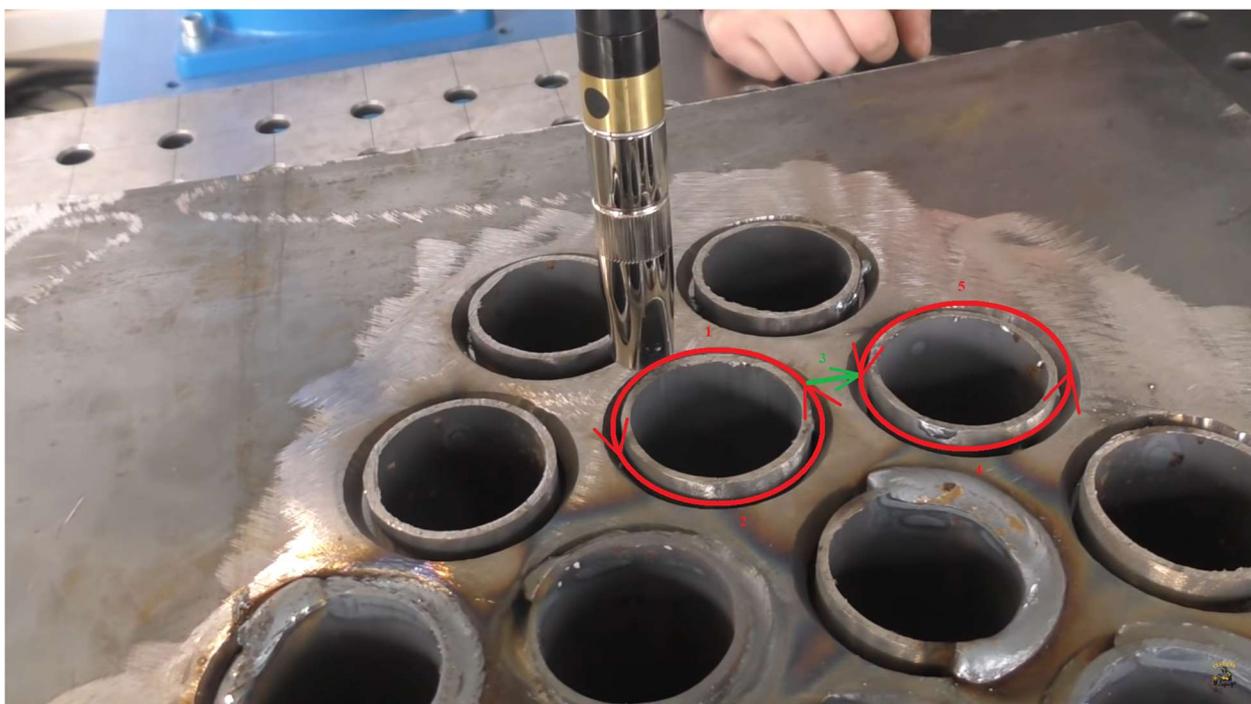


Рисунок 11 - Траектория движения робота

На рисунке 11 нарисована траектория движения робота. Сначала робот подъезжает к началу сварки — это движение к точке РТР, далее по команде ARCON начинается сварка по траектории CIRC, зеленая линия — движение к команде ARCOFF, далее начинается все с начала. После завершения всех действий, робот возвращается исходное положение (точка HOME).

Код для сварки трубы с трубной решеткой:

```
DEF rus()
INI
PTP HOME Vel=100 % DEFAULT
Loop
PTP P1 Vel=20% PDAT1 TOOL[1]:C-WELD Base[0]
LIN P2 Vel=0.5 m/s CPDAT1 TOOL[1]:C-WELD Base[0]
ARCON VDAT1 CIRC P3 P4 CONT Vel=0.5 m/s CPDAT2 Tool[1] Base[0]
CIRC P5 P6 Vel=0.5 m/s CPDAT3 Tool[1] Base[0]
ARCOFF LIN P7 Vel=0.5m/s CPDAT4 Tool[1] Base[0]
ENDLOOP
END
```

Код для установки труб в трубное отверстие:

```
DEF rus()
INI
PTP HOME Vel=100% DEFAULT
LOOP
PTP P2 CONT Vel=20% PDATP1 Tool[0] Base[0]
WAIT Time=1 sec
OUT 25 "State = TRUE
OUT 26 "State = FALSE
WAIT SEC 1
LIN P2 CONT Vel=0.5 m/s CPDATP1 Tool[0] Base[0]
LIN P2 CONT Vel=0.5 m/s CPDATP1 Tool[0] Base[0]
ENDLOOP
END
```

## ЗАДАНИЕ К РАЗДЕЛУ «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСООБЪЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Обучающемуся:

Группа	ФИО
1В91	Тазитдинов Руслан Равильевич

Школа	ИШНКБ	Отделение школы (НОЦ)	ОЭИ
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Материальные затраты 56 850 руб. Затраты на спецоборудование 1380000 руб. Основная заработная плата исполнителей НИ 84900 руб. Дополнительная заработная плата исполнителей тема 10188 руб. Отчисления во внебюджетные фонды 30628 руб. Накладные расходы 78 360 руб.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Районный коэффициент города Томска – 1,3
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды – 30%

### Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ	Потенциальные потребители результатов исследования, анализ конкурентных технических решений, SWOT – анализ
2. Разработка устава научно-технического проекта	Цель и результат НТИ
3. Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок	Планирование работ, разработка диаграммы Ганта, формирование сметы затрат
4. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	Оценка сравнительной эффективности исследования

### Перечень графического материала:

1. «Портрет» потребителя результатов НТИ	
2. Сегментирование рынка	
3. Оценка конкурентоспособности технических решений	
4. Матрица SWOT	
5. График проведения и бюджет НТИ	
6. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НТИ	
7. Потенциальные риски	

Дата выдачи задания к разделу в соответствии с календарным учебным графиком	
---	--

Задание выдал консультант по разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОСГН	Гасанов М.А.	Д.Э.Н		

Задание принял к исполнению обучающийся:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1В91	Тазитдинов Руслан Равильевич		

## **4 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ**

### **Введение**

Разработка НИ производится группой работников, состоящей из трёх человек – руководителя и студента.

Предмет исследования: данная выпускная квалификационная работа заключается в разработке автоматизированной системы сборки и автоматической сварки трубной решетки из стали 12Х1МФ.

Целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является определение перспективности и успешности НИ, оценка его эффективности, уровня возможных рисков, разработка механизма управления и сопровождения конкретных проектных решений на этапе реализации.

Для достижения обозначенной цели необходимо решить следующие задачи:

- оценить коммерческий потенциал и перспективность разработки НИ;
- осуществить планирование этапов выполнения исследования;
- рассчитать бюджет затрат на исследования;
- произвести оценку научно-технического уровня исследования и оценку рисков.

#### 4.1. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

##### 4.1.1. Потенциальные потребители результатов исследования

В качестве потенциальных потребителей результатов проведенного исследования «Автоматизированная система сборки и автоматическая сварка трубной решетки из стали 12Х1МФ» на предприятии выступают производственные лаборатории.

Для выявления сегментов рынка комплекса для управления процессами сварки проведено сегментирование. В качестве критериев выбраны: квалификация работника, то есть инженера-роботехника, и качество сварного соединения.

Таблица 14- Сегментирование рынка

		Качество сварного соединения		
		Высокое качество	Среднее качество	Низкое качество
Квалификация Инженера-роботехника	Инженера-роботехники, имеющие высокий разряд, аккредитацию и опыт работы	+		
	Инженера-роботехники, имеющие высокий разряд	+	+	
	Инженера-роботехники имеющие низкий разряд			+

Из таблицы 14 получили следующие результаты:

Основные сегменты рынка имеют высокое качество соединения, при этом имея инженеров-роботехников с высокой квалификацией и опытом

работы. Или не нуждаются в высоком качестве сварочных швов, также со инженерами-робототехниками, имеющими низкую квалификацию.

Свободные сегменты рынка: Сегменты с высококвалифицированными инженерами-робототехниками, но имеющими низкое качество сварных соединений, среднеквалифицированных инженеров-робототехников и низким качеством, с высоким качеством и низкоквалифицированными работниками.

Сегмент на которое ориентировано предприятие - это сегменты, нацеленные на высокую квалификацию сварщиков.

Примером предприятия потребителя является компания ООО «Ростсельмаш», город Ростов-на-Дону.

#### **4.1.2. Анализ конкурентных технических решений**

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения.

Целесообразно проводить данный анализ с помощью оценочной карты. Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений представлена в таблице 15.

В ходе исследования были рассмотрены три конкурента: Yaskawa Motoman, Kawasaki Robotics, Universal Robots.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum V_i \cdot B_i, \quad (3.1)$$

где  $K$  – конкурентоспособность вида;

$V_i$  – вес критерия (в долях единицы);

$B_i$  – балл  $i$ -го показателя.

Тогда,  $B_{\phi}$ -баллы использования системы автоматизированной сборки и автоматической сварки;

$B_1$ - Yaskawa Motoman;

$B_2$ - Kawasaki Robotics;

$B_3$ - Universal Robots.

Таблица 15 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы				Конкурентоспособность			
		Б <sub>ф</sub>	Б <sub>1</sub>	Б <sub>2</sub>	Б <sub>3</sub>	К <sub>ф</sub>	К <sub>1</sub>	К <sub>2</sub>	К <sub>3</sub>
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Технические критерии оценки ресурсоэффективности</b>									
1. Производительность, скорость выполнения задач	0,15	4	4	4	3	0.6	0.6	0.6	0.45
2. Удобство в эксплуатации	0,15	4	4	4	4	0.6	0.6	0.6	0.6
3. Точность и качество выполнения задач	0,1	4	5	4	3	0.4	0.5	0.4	0.3
4. Энергоэффективность	0,1	3	5	5	3	0.3	0.5	0.5	0.3
5. Удобство интеграции систмы на производство	0,2	5	3	3	3	1.0	0.6	0.6	0.6
<b>Экономические критерии оценки эффективности</b>									
1. Стоимость системы и всех связанных с ней расходов	0,15	4	4	3	4	0.5	0.5	0.45	0.3
2. Конкурентоспособность	0,1	5	5	4	3	0.2	0.25	0.4	0.25
3. Предполагаемый срок эксплуатации	0,05	4	5	4	5	0.6	0.6	0.2	0.45
<b>Итого</b>	<b>1</b>	<b>33</b>	<b>33</b>	<b>31</b>	<b>28</b>	<b>4.2</b>	<b>3.15</b>	<b>4.05</b>	<b>3.15</b>

Каждый из конкурентов, действующих на рынке, обладает своими уникальными преимуществами. Каждый из них может похвастаться высоким уровнем качества, точности и удобства в использовании своих продуктов. Однако, каждый из них также сталкивается с определенными недостатками, например, ограниченностью в интеграции продуктов с другим оборудованием. Это ограничение может значительно повлиять на цену товара, так как для

использования продукции потребуются дополнительное оборудование, что может увеличить расходы предприятий.

#### 4.1.3. SWOT-анализ

Произведён SWOT-анализ, позволяющий выявить сильные и слабые стороны исследования, возможности, угрозы, и позволяющий оценить факторы и явления, способствующие или препятствующие продвижению проекта на рынок.

На первом этапе SWOT-анализа в таблице 16 были описаны сильные и слабые стороны проекта, выявлены возможности и угрозы реализации научного исследования.

Таблица 16 - Матрица SWOT-анализа

Сильные стороны	Возможности во внешней среде
<p>С1. Высокое качество сварных соединений, получаемых при автоматической сварке; С2. Увеличение производительности при использовании автоматизированной системы сборки и сварки; С3. Возможность создания точных, стабильных и надежных конструкций, что приводит к уменьшению количества брака; С4. Возможность регулирования параметров сварки, что позволяет обеспечить соответствие с требованиями заказчика и стандартам.</p>	<p>В1. Расширение рынка и увеличение объемов продаж за счет повышения качества и снижения затрат; В2. Возможность разработки индивидуальных решений для заказчиков; В3. Повышение эффективности и гибкости производства за счет использования автоматизации.</p>
Слабые стороны	Угрозы внешней среды
<p>Сл1. Риски технических сбоев и простоев в работе оборудования, что может привести к задержкам в производстве и снижению производительности; Сл2. Необходимость квалифицированных специалистов для обслуживания и программирования оборудования; Сл3. Ограниченность возможности применения для производства небольших партий продукции.</p>	<p>У1. Возможные экономические кризисы, которые могут привести к сокращению спроса на продукцию. У2. Необходимость постоянного обновления и модернизации оборудования для соответствия требованиям рынка; У3. Конкуренция со стороны компаний, уже имеющих наработанные системы производства трубных конструкций.</p>

На втором этапе проекта производится анализ соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды. Определение соответствия или несоответствия помогает определить необходимость стратегических изменений.

Соотношения параметров представлены в таблице 17 и таблице 18.

Таблица 17 - Интерактивная матрица сильных и слабых сторон и возможностей

Возможности проекта	Сильные стороны				Слабые стороны		
		C1	C2	C3	C4	Сл1	Сл2
B1	+	+	+	-	+	+	-
B2	+	-	-	+	+	+	-
B3	-	+	+	-	-	-	+

Таблица 18 - Интерактивная матрица сильных сторон и слабых сторон и угроз

Угрозы проекта	Сильные стороны				Слабые стороны		
		C1	C2	C3	C4	Сл1	Сл2
У1	+	+	+	+	-	+	-
У2	-	-	-	+	+	+	-
У3	-	-	-	+	+	+	-

Основной угрозой являются конкуренты, которые могут зайти в рынок с более эффективными техническими решениями. Что касается возможностей, то главная возможность для проекта- это расширение рынка и увеличение объемов продаж за счет повышения качества и снижения затрат.

В рамках третьего этапа составляется итоговая матрица SWOT-анализа, представленная в таблице 19.

Таблица 19- Итоговая матрица SWOT-анализа

	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>C1. Высокое качество сварных соединений, получаемых при автоматической сварке;</p> <p>C2. Увеличение производительности при</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>Сл1. Риски технических сбоев и простоев в работе оборудования, что может привести к задержкам в производстве и снижению производительности;</p>
--	--	---

	<p>использовании автоматизированной системы сборки и сварки;</p> <p>С3. Возможность создания точных, стабильных и надежных конструкций, что приводит к уменьшению количества брака;</p> <p>С4. Возможность регулирования параметров сварки, что позволяет обеспечить соответствие с требованиями заказчика и стандартам.</p>	<p>Сл2. Необходимость квалифицированных специалистов для обслуживания и программирования оборудования;</p> <p>Сл3. Ограниченность возможности применения для производства небольших партий продукции.</p>
<p>В1. Расширение рынка и увеличение объемов продаж за счет повышения качества и снижения затрат;</p> <p>В2. Возможность разработки индивидуальных решений для заказчиков;</p> <p>В3. Повышение эффективности и гибкости производства за счет использования автоматизации.</p>	<p>У компании большой потенциал расширить рынок и увеличивать объемы продаж как в России так и в зарубежных странах.</p>	<p>Сложность обслуживания и риски технических сбоев ограничивают производство небольших партий, но компания может разрабатывать индивидуальные решения и автоматизировать производство для повышения гибкости и эффективности.</p>
<p>У1. Возможные экономические кризисы, которые могут привести к сокращению спроса на продукцию.</p> <p>У2. Необходимость постоянного обновления и модернизации оборудования для соответствия требованиям рынка;</p> <p>У3. Конкуренция со стороны компаний, уже имеющих наработанные системы производства трубных конструкций.</p>	<p>Компании не страшна конкуренция, так как используя свои сильные стороны может повысить конкурентоспособность.</p>	<p>Наличие опытных конкурентов, способных усовершенствоваться гораздо быстрее за счёт их опыта и большего финансирования.</p>

## 4.2. Планирование работ по научно-техническому исследованию

### 4.2.1. Структура работ в рамках научного исследования

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

- определение структуры работ в рамках научного исследования;
- определение участников каждой работы;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения научных исследований.

Для выполнения научных исследований формируется рабочая группа, в состав которой могут входить научные сотрудники и преподаватели, инженеры, техники и лаборанты, численность групп может варьироваться. По каждому виду запланированных работ устанавливается соответствующая должность исполнителей.

Перечень этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведен в таблице 20.

Таблица 20 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель
Выбор направления исследований	2	Выбор направления исследований	Бакалавр Руководитель
	3	Подбор и изучение материалов по теме	Бакалавр
	4	Календарное планирование работ	Руководитель Бакалавр
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Закупка оборудования	Руководитель Бакалавр
	6	Проведение экспериментов	Бакалавр
	7	Сборка образца	Бакалавр

	8	Обработка результатов эксперимента	Бакалавр
Обобщение и оценка результатов	9	Анализ результата и проверка руководителем	Руководитель Бакалавр
Оформление отчета по НИР	10	Составление пояснительной записки	Бакалавр

#### 4.2.2. Определение трудоёмкости выполнения работ

Трудовые затраты в большинстве случаев образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоёмкости работ каждого из участников научного исследования.

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

$$t_{ожі} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5}, \quad (3.2)$$

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

$t_{\min i}$  – минимально возможная трудоёмкость выполнения заданной  $i$ -ой работы, чел.-дн.;

$t_{\max i}$  – максимально возможная трудоёмкость выполнения заданной  $i$ -ой работы, чел.-дн.;

Исходя из ожидаемой трудоёмкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях  $T_p$ , учитывающая параллельность выполнения работ по нескольким исполнителями.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i}, \quad (3.3)$$

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

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

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

### 4.2.3. Разработка графика проведения научного исследования

Наиболее удобным и наглядным представлением проведения научных работ является построение ленточного графика в форме диаграммы Ганта.

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

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

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (3.4)$$

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

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

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

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - (T_{\text{вых}} + T_{\text{пр}})}, \quad (3.5)$$

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

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

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

Расчет коэффициента календарности для 6-ти дневной рабочей недели:

$$k_{\text{кал}} = \frac{365}{365 - 52 - 14} = 1,22, \quad (3.6)$$

Таблица 21 - Временные показатели проведения научного исследования

Наименование работы	Исполнители работы	Трудоемкость работы, чел-дни			Длительность работ, дни	
		$t_{\text{mini}}$	$t_{\text{maxi}}$	$t_{\text{ожі}}$	$T_{pi}$	$T_{ki}$

1. Составление и утверждение технического задания	Руководитель	2	3	2,4	2,4	3
2. Выбор направления исследований	Бакалавр Руководитель	1	2	1,4	0,47	1
3. Подбор и изучение материалов по теме	Бакалавр	10	15	12	12	15
4. Календарное планирование работ	Руководитель Бакалавр	1	2	1,4	0,47	1
5. Закупка оборудования	Руководитель Бакалавр	3	4	3,4	1,7	3
6. Проведение экспериментов	Бакалавр	20	25	22	11	14
7. Сборка образца	Бакалавр	2	3	2,4	1,2	2
8. Обработка результатов эксперимента	Бакалавр	1	2	1,4	1	2
9. Анализ результата и проверка руководителем	Руководитель Бакалавр	1	2	1,4	0,7	1
10. Составление пояснительной записки	Бакалавр	7	10	8,2	8,2	10

По данным из таблицы 21 строится календарный план-график, изображённый на рисунке 12, где зелёный цвет – работа, выполненная руководителем, жёлтый цвет – работа, выполненная бакалавром, синий цвет – работа, выполненная руководителем и бакалавром.

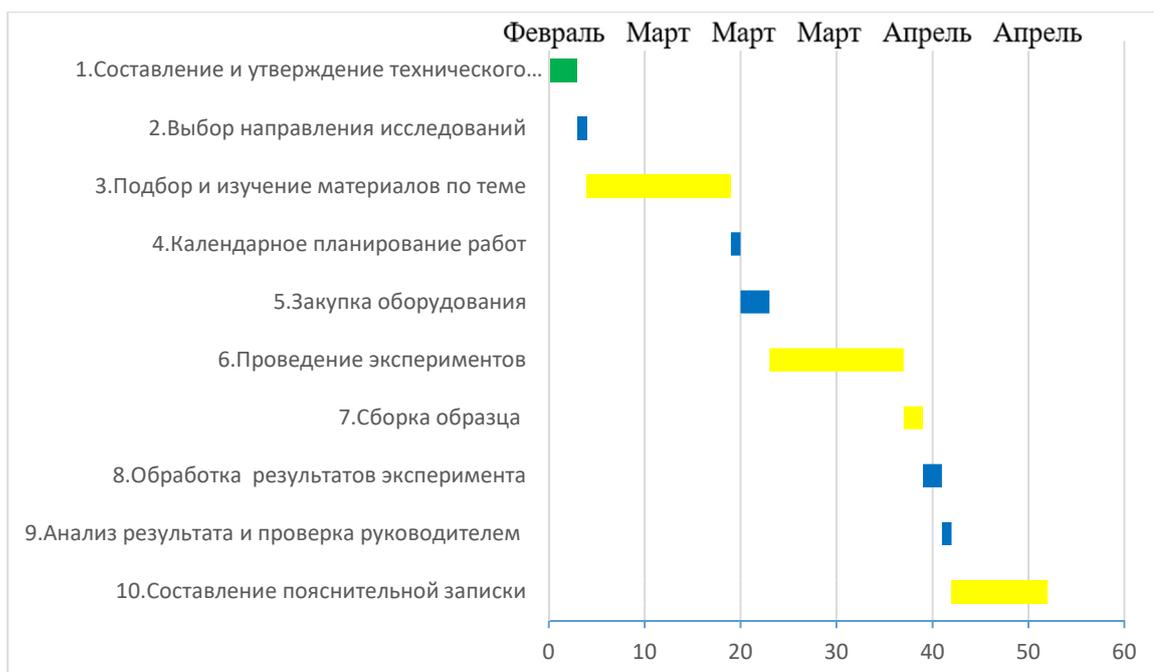


Рисунок 12 – Диаграмма Ганта

#### 4.2.4. Бюджет научно-технического исследования

При планировании бюджета НИ должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением. В процессе формирования бюджета НТИ используется следующая группировка затрат по статьям:

- материальные затраты;
- затраты на специальное оборудование для экспериментальных работ;
- амортизационные отчисления;
- заработная плата исполнителей;
- отчисления во внебюджетные фонды;
- накладные расходы.

##### Разработка графика проведения научного исследования

При планировании бюджета научно-техническое исследование должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением.

Данная статья включает стоимость всех материалов, используемых при разработке проекта. Материальные затраты представлены в таблице 22.

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_m = (1 + K_T) \sum_{i=1}^m C_i N_{расхi}, \quad (3.7)$$

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

$N_{расхi}$  – количество материальных ресурсов  $i$ -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м<sup>2</sup> и т.д.);

$C_i$  – цена приобретения единицы  $i$ -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м<sup>2</sup> и т.д.);

$K_T$  – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы, примем данный коэффициент равным 0.2;

Общие материальные затраты основного проекта составили 56 850 руб.

Исполнение 1 – наше исследование, исполнения 2 и 3 – исследования конкурентов.

Таблица 22 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество			Цена за ед., руб.			Затраты на материалы, (Зм), руб		
		Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
Паяльная проволока	Шт.	3	5	4	1550	1550	1700	4650	7750	6800
Паяльные флюсы	Шт.	10	12	12	200	300	250	2000	3600	3000
Трубы	Шт	82	94	86	600	700	600	49200	65800	51600
Итого		95	111	102	2350	2550	2550	56 850	77 150	61 400

#### 4.2.5. Расчёт затрат на специальное оборудование для научных работ

В данную статью включают все затраты, связанные с приобретением специального оборудования (приборов, контрольно-измерительной аппаратуры, стендов, устройств и механизмов), необходимого для проведения работ по конкретной теме. Определение стоимости спецоборудования производится по действующим прейскурантам, а в ряде случаев по договорной цене. При приобретении спецоборудования необходимо учесть затраты по его доставке и монтажу в размере 15% от его цены. Расчет затрат по данной статье представлен в таблице 23.

Таблица 23 - Расчёт бюджета затрат на приобретение спецоборудования для научных работ

Наименование	Цена за ед. оборудования, руб.			Количество единиц оборудования			Общая стоимость оборудования, руб.		
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Автоматическая сварочная установка с ЧПУ	110000	190000	160000	1	1	1	110000	190000	160000

Роботизированные манипуляторы	240000	360000	420000	1	1	1	240000	360000	420000
Прессовочные станки	940000	1000000	1110000	1	1	1	940000	1000000	1110000
Системы управления и мониторинга	80000	110000	90000	1	1	1	80000	110000	90000
Итого	1380000	1610000	1790000	4	4	4	1380000	1610000	1790000

Общие затраты на научную работу составили 1380000 рублей.

#### 4.2.6. Основная заработная плата исполнителя темы

В настоящую статью включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, рабочих макетных мастерских и опытных производств, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20-30 % от тарифа или оклада. Расчет основной заработной платы приводится в таблице 24.

Таблица 24- Расчёт основной заработной платы

№	Наименование этапов	Исполнители по категориям	Трудоемкость, чел.-дн.	Зарботная плата, на один чел.-дн., тыс.руб.	Всего заработная плата по окладам без учета кр, тыс.руб
1	Разработка технического задания, выбор направления исследований, календарное планирование работ, оценка результатов	Руководитель	9	2,9	26,1
3	Теоретические и экспериментальные исследования, оформление отчета по НИР	Бакалавр	49	1,2	58,8
Итого:					84,9

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением проекта, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату и рассчитывается по формуле:

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}, \quad (3.8)$$

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

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

Основная заработная плата руководителя рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p, \quad (3.9)$$

где  $Z_{осн}$  – основная заработная плата одного работника;

$T_p$  – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.;

$Z_{дн}$  – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d}, \quad (3.10)$$

где  $Z_m$  – месячный должностной оклад работника, руб.;

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

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

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

$F_d$  – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн.

Таблица 25 - Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Бакалавр
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней - выходные дни - праздничные дни	118	118
Потери рабочего времени - отпуск - невыходы по болезни	48 0	48 0

Действительный годовой фонд рабочего времени	199	199
--	-----	-----

Месячный должностной оклад работника (руководителя):

$$Z_m = Z_{тс} \cdot (1 + k_{пр} + k_d) \cdot k_p, \quad (3.10)$$

где  $Z_{тс}$  – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_{пр}$  – премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30 процентов от  $Z_{тс}$ );

$k_d$  – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 – 0,5;

$k_p$  – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Тарифная заработная плата  $Z_{тс}$  находится из произведения тарифной ставки работника 1-го разряда  $Tc_1 = 600$  руб. на тарифный коэффициент  $k_T$  и учитывается по единой для бюджетной организации тарифной сетке.

Тарифный коэффициент для НР = 1,866; для С = 1,407.

Расчет основной заработной платы представлен в таблице 26

Таблица 26 – Расчёт основной заработной платы

Исполнители	$Z_{тс}$ , руб.	$k_{пр}$	$k_d$	$k_p$	$Z_m$ , руб.	$Z_{дн}$ , руб.	$T_p$ , раб. дн.	$Z_{осн}$ , руб.
Научный руководитель	28625	0,3	0,2	1,3	55819	2917	9	26253
Бакалавр	12404	0,3	0,2	1,3	24188	1264	49	61936
Итого $Z_{осн}$ , руб.								88189

#### 4.2.7. Расчёт дополнительной заработной платы

Дополнительная заработная плата учитывает величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ доплат за отклонение от нормальных условий труда, а также выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций (при исполнении государственных и общественных обязанностей, при совмещении работы с обучением, при предоставлении ежегодного оплачиваемого отпуска и т.д.).

Расчет дополнительной заработной платы рассчитывается по формуле:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн}, \quad (3.11)$$

где  $k_{\text{доп}}$  – коэффициент дополнительной заработной платы, принятый на стадии проектирования за 0,15.

Результат в таблице 27.

#### 4.2.8. Отчисления во внебюджетные фонды

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из формулы:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}), \quad (3.12)$$

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

В соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30,2%.

Таблица 27- Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.	Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	Итого, руб.
Руководитель проекта	26253	3 938	0,302	9118
Бакалавр	61936	9 290		21510
Итого:				30628

#### 4.2.9. Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов. Их величина определяется по формуле:

$$Z_{\text{накл}} = \left( \sum \text{статей} \div 5 \right) \cdot k_{\text{нр}}, \quad (3.13)$$

где  $k_{\text{нр}}$  – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

Результаты накладных расчётов приведены в таблице 28.

Таблица 28– Группировка затрат по статьям

Статьи						
	1	2	3	4	5	6
	Затраты на специальное оборудование, руб.	Материальные затраты, руб.	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.	Отчисления во внебюджетные фонды, руб.	Накладные расходы, руб.
Исп. 1	1380000	56 850	84900	10188	30628	78 360
Исп. 2	1610000	77 150	84900	10188	30628	103 430
Исп. 3	1790000	61 400	84900	10188	30628	101 070

#### 4.2.10. Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы является основой для формирования бюджета затрат проекта. Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект приведено в таблице 29.

Таблица 29 - Расчёт бюджета затрат НИИ

№ п/п	Наименование статьи	Сумма, руб.		
		Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Материальные затраты	56 850	77 150	61 400
2	Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных работ)	1380000	1610000	1790000
3	Затраты по основной заработной плате	84900	84900	84900
4	Затраты по дополнительной заработной плате	10188	10188	10188
5	Отчисления во внебюджетные фонды	30628	30628	30628
6	Накладные расходы	78 360	103 430	101 070
Итого		1565346	1982296	2078016

Себестоимость проекта составляет 1565346, основные затраты идут на специальное оборудование для научных работ.

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

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его

нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования определяется как:

$$I_{\text{фин.р}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (3.14)$$

где  $I_{\text{фин.р}}^{\text{исп.}i}$  – интегральный финансовый показатель разработки;

$\Phi_{pi}$  – стоимость  $i$ -го варианта исполнения;

$\Phi_{\text{max}}$  – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта.

$$I_{\text{фин.р}}^{\text{исп1}} = \frac{1565346}{2078016} = 0.75, \quad (3.15)$$

$$I_{\text{фин.р}}^{\text{исп2}} = \frac{1982296}{2078016} = 0,95, \quad (3.16)$$

$$I_{\text{фин.р}}^{\text{исп3}} = \frac{2078016}{2078016} = 1, \quad (3.17)$$

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

$$I_{pi} = \sum_{i=1}^n a_i \cdot b_i, \quad (3.18)$$

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

$a_i$  – весовой коэффициент  $i$ -го варианта исполнения разработки;

$b_i^a, b_i^p$  – бальная оценка  $i$ -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

$n$  – число параметров сравнения.

Таблица 30 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии	Объект исследования	Весовой коэффициент параметра	Исп. 1	Исп.2	Исп.3
----------	---------------------	-------------------------------	--------	-------	-------

Рост производительности труда пользователя	0,2	5	5	5
Удобство эксплуатации	0,2	4	5	4
Материалоемкость	0,1	5	4	4
Универсальность	0,1	5	4	4
Надежность	0,2	5	5	5
Энергосбережение	0,1	5	4	4
Итого	1			

$$I_{p-исп1} = 0,2 \cdot 5 + 0,2 \cdot 4 + 0,1 \cdot 5 + 0,1 \cdot 5 + 0,2 \cdot 5 + 0,1 \cdot 5 = 4,3, \quad (3.19)$$

$$I_{p-исп2} = 0,2 \cdot 5 + 0,2 \cdot 5 + 0,1 \cdot 4 + 0,1 \cdot 4 + 0,2 \cdot 5 + 0,1 \cdot 4 = 4,2, \quad (3.20)$$

$$I_{p-исп3} = 0,2 \cdot 5 + 0,2 \cdot 4 + 0,1 \cdot 4 + 0,1 \cdot 4 + 0,2 \cdot 5 + 0,1 \cdot 4 = 4, \quad (3.21)$$

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

$$I_{исп1} = \frac{I_{p-исп1}}{I_{фин.р}} = \frac{4,3}{0,75} = 5,73, \quad (3.22)$$

$$I_{исп2} = \frac{I_{p-исп2}}{I_{фин.р}} = \frac{4,2}{0,95} = 4,42, \quad (3.23)$$

$$I_{исп3} = \frac{I_{p-исп3}}{I_{фин.р}} = \frac{4}{1} = 4, \quad (3.24)$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных.

Сравнительная эффективность проекта ( $\mathcal{E}_{ср}$ ):

$$\mathcal{E}_{ср} = \frac{I_{исп2}}{I_{исп1}} \quad (4.16)$$

Таблица 31 – Сравнительная эффективность разработки

№	Показатели	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,75	0,95	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,3	4,2	4
3	Интегральный показатель эффективности	5,73	4,42	4

4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,77	0,7
---	--	---	------	-----

Сравнив значения интегральных показателей эффективности можно сделать вывод, что реализация технологии в первом исполнении является более эффективным вариантом решения задачи, поставленной в данной работе с позиции финансовой и ресурсной эффективности.

### **Заключение**

В ходе работы была проведена оценка коммерческого потенциала научного проекта. Были определены потенциальные конкуренты и потребители. Основные сегменты рынка требуют высокого качества соединения, а также наличия высококвалифицированных инженеров-робототехников с опытом работы. При проведении SWOT-анализа была выявлена основная угроза - конкуренты, которые могут предложить более эффективные технические решения.

Себестоимость проекта составляет 1565346 рублей, основные затраты связаны с приобретением специального оборудования для научных исследований. Также была проведена оценка эффективности исследования, которая показала, что реализация технологии является эффективным вариантом решения поставленной задачи с точки зрения финансовой и ресурсной эффективности.

## ЗАДАНИЕ К РАЗДЕЛУ «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Обучающемуся:

<b>Группа</b> 1В91	<b>ФИО</b> Тазитдинов Руслан Равильевич
-----------------------	--

<b>Школа</b>	Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности	<b>Отделение (НОЦ)</b>	Отделение электронной инженерии
<b>Уровень образования</b>	Бакалавриат	<b>Направление/ООП/ОПОП</b>	15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств

### Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

<p>Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения</p>	<p><i>Объект исследования:</i> Автоматизированная система сборки и автоматическая сварка  <i>Область применения:</i> автоматизация, сварочное производство.  <i>Рабочая зона:</i> производственное помещение.  <i>Размеры помещения:</i> 20*30 м.  <i>Количество и наименование оборудования рабочей зоны:</i> автоматизированная система сборки, автоматический сварочный автомат.  <i>Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне:</i> контроль порядка сборки, параметров режимов сварки.</p>
--	---

### Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p><b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</li> <li>– организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны</li> </ul>	<p>ГОСТ 12.2.003-91. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Оборудование производственное; Федеральный приказ от 11 декабря 2020 года N 884н «Об утверждении правил по охране труда при выполнении электросварочных и газосварочных работ»;</p> <p>ГОСТ 12.3.003-86. Система стандартов безопасности труда. РАБОТЫ ЭЛЕКТРОСВАРОЧНЫЕ;</p> <p>ГОСТ 12.1.030-81. Система стандартов безопасности труда. ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТЬ. ЗАЩИТНОЕ ЗАЗЕМЛЕНИЕ. ЗАНУЛЕНИЕ;</p> <p>СП 1009-73. Санитарные правила при сварке, наплавке и резке металлов; Федеральный закон от 28 декабря 2013 г. N 426-ФЗ «О специальной оценке условий труда».</p>
<p><b>2. Производственная безопасность:</b></p> <p>2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов</p> <p>2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия</p>	<p><b>Вредные факторы:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Повышенный уровень шума</li> <li>2. Загрязнение воздушной среды</li> <li>3. Электромагнитные поля, неионизирующие ткани человека</li> <li>4. Повышенный уровень общей вибрации</li> <li>5. Повышенный уровень локальной вибрации</li> <li>6. Отсутствие или недостаточная освещенность рабочей зоны</li> <li>7. Ультрафиолетовое излучение;</li> </ol> <p><b>Опасные факторы:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги тканей организма человека;</li> <li>2. Движущиеся твердые, жидкие или газообразные объекты, наносящие удар по телу работающего;</li> <li>3. Производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий;</li> </ol> <p><b>Требуемые средства коллективной и индивидуальной защиты от выявленных факторов:</b> использование защитных костюмов, виброизолирующие рукавицы, перчатки, виброизолирующая обувь, беруши, наушники, маска, очки.</p>
<p><b>3. Экологическая безопасность:</b></p>	<p><b>Воздействие на селитебную зону:</b> вредные выбросы при сварочных процессах</p>

	<p><b>Воздействие на литосферу:</b> промышленные отходы</p> <p><b>Воздействие на гидросферу:</b> сброс охлаждающей воды при использовании в качестве охладителя рек, прудов</p> <p><b>Воздействие на атмосферу:</b> тепловое воздействие вследствие испарения части охлаждающей воды, испарения металла шва и электрода; выбросы вредных веществ, входящих в состав металла шва, покрытия электрода.</p>
<b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b>	<p><b>Возможные ЧС:</b> Природные катастрофы (наводнения, ураган, цунами и т.д.); Геологические воздействия (землетрясения, оползни, обвалы, провалы территории и т.д.); Техногенные аварии (отказ систем безопасности, пожар и взрыв)</p> <p><b>Наиболее типичная ЧС:</b> пожар и взрыв</p>

<b>Дата выдачи задания к разделу в соответствии с календарным учебным графиком</b>	
--	--

**Задание выдал консультант по разделу «Социальная ответственность»:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст.преподаватель ООД	Мезенцева Ирина Леонидовна			

**Задание принял к исполнению обучающийся:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1В91	Тазитдинов Руслан Равильевич		

## **5 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ**

### **Введение**

Автоматизированная система сборки и автоматической сварки трубной решетки из стали 12Х1МФ - это инновационное решение, которое позволяет существенно упростить и ускорить процесс сборки и сварки трубной решетки. Система состоит из комплекса оборудования и программного обеспечения, которые работают вместе для обеспечения точности, надежности и эффективности производства.

Данная система применима в различных отраслях, таких как автоматизация, сварочное производство и другие, где требуется быстрый и качественный монтаж трубных конструкций. Система идеально подходит для автоматической сборки и сварки трубных решеток из стали 12Х1МФ, которая является прочным и долговечным материалом.

Рабочей зоной является производственное помещение размерами 20\*30 метров. В рабочей зоне находится следующее оборудование: автоматизированная система сборки, автоматический сварочный автомат. Рабочие процессы, осуществляющиеся в рабочей зоне: сборочные процессы, сварочные процессы.

Преимущества системы заключаются в ускорении производства, снижении трудозатрат и повышении качества сварочных соединений. Также система обеспечивает безопасность и удобство работы для персонала, что является важным фактором в любой отрасли.

### **5.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности**

#### **5.1.1. Правовые нормы трудового законодательства**

В трудовом кодексе Российской Федерации содержатся основные положения отношений между организацией и сотрудниками, включая оплату и нормирование труда, выходных, отпуска и так далее.

Так как работа с ручной дуговой сваркой является вредной, то для работников, условия труда на рабочих местах, которых по результатам

специальной оценки условий труда отнесены к вредным условиям труда 3 или 4 степени или опасным условиям труда, - не более 36 часов в неделю. [17]

Защита персональных данных работников осуществляется согласно трудовому кодексу. В целях обеспечения прав и свобод человека и гражданина работодатель и его представители при обработке персональных данных работника обязаны соблюдать следующие общие требования:

– обработка персональных данных работника может осуществляться исключительно в целях обеспечения соблюдения законов и иных нормативных правовых актов, содействия работникам в трудоустройстве, получении образования и продвижении по службе, обеспечения личной безопасности работников, контроля количества и качества выполняемой работы и обеспечения сохранности имущества;

– работодатель не имеет права получать и обрабатывать персональные данные работника о его членстве в общественных объединениях или его профсоюзной деятельности, за исключением случаев, предусмотренных настоящим Кодексом или иными федеральными законами;

– при принятии решений, затрагивающих интересы работника, работодатель не имеет права основываться на персональных данных работника, полученных исключительно в результате их автоматизированной обработки или электронного получения;

– работники и их представители должны быть ознакомлены под роспись с документами работодателя, устанавливающими порядок обработки персональных данных работников, а также об их правах и обязанностях в этой области;

– работники не должны отказываться от своих прав на сохранение и защиту тайны;

– работодатели, работники и их представители должны совместно выработать меры защиты персональных данных работников. [18]

Размер минимальной заработной платы в субъекте Российской Федерации устанавливается с учетом социально-экономических условий и

величины прожиточного минимума трудоспособного населения в соответствующем субъекте Российской Федерации.

Работа сварщика относится к работе с вредными условиями труда:

- оплата труда работников, занятых на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, устанавливается в повышенном размере;
- минимальный размер повышения оплаты труда работникам, занятым на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, составляет 4 процента тарифной ставки (оклада), установленной для различных видов работ с нормальными условиями труда. [17]

При работе во вредных условиях труда предусмотрены компенсации:

- сокращённая продолжительность рабочего времени;
- ежегодный дополнительный оплачиваемый отпуск;
- повышенная оплата труда.

Кроме того, за работу во вредных условиях труда бесплатно предоставляются молоко и лечебно-профилактическое питание.

### **5.1.2. Эргономические требования к правильному расположению и компоновке рабочей зоны**

Требования расположения и компоновки рабочей зоны автоматизированной системы сборки и сварочного аппарата регламентируются с учетом безопасности и эффективности производственного процесса:

- автоматическую сварку трубной решетки следует производить в изолированных помещениях или на специально оборудованных площадках с ограниченным доступом для посторонних лиц;
- для обеспечения безопасности персонала и предотвращения возможных аварийных ситуаций, необходимо предусмотреть систему автоматического контроля за техническим состоянием оборудования;
- размещение нескольких сварочных постов в одном рабочем месте должно осуществляться с соблюдением требований технической безопасности и установленных норм производственной эффективности;

– площадки для автоматизированной сборки трубной решетки должны иметь достаточное пространство для перемещения материалов и оборудования, а также обеспечивать комфортные условия труда для персонала, работающего на производственном участке.

## 5.2. Производственная безопасность

Эксплуатация автоматизированной системы сборки и сварочного аппарата осуществляется оператором удаленно. Перечень опасных и вредных факторов, присутствующих при эксплуатации комплекса оператором представлен в таблице 32.

Таблица 32 - Возможные опасные и вредные производственные факторы на рабочем месте (роботизированная ячейка)

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Нормативные документы
Повышенный уровень шума	СанПиН 1.2.3685-21 "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания"
Загрязнение воздушной среды	ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. СП 1009-73.Санитарные правила при сварке, наплавке и резке металлов
Электромагнитные поля, неионизирующие ткани человека	ГОСТ 12.1.006-84 Система стандартов безопасности труда. Электромагнитные поля радиочастот. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля
Повышенный уровень общей вибрации	СанПиН 1.2.3685-21 "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания"
Повышенный уровень локальной вибрации	СанПиН 1.2.3685-21 "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания"
Отсутствие или недостаточная освещенность рабочей зоны	СП 52.13330.2016. Естественное и искусственное освещение

Ультрафиолетовое излучение	ГОСТ 28369-89 Контроль неразрушающий. Облучатели ультрафиолетовые. Общие технические требования и методы испытаний ГОСТ 12.4.011-89 ССБТ. Средства защиты работающих. Общие требования и классификация.
Производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги тканей организма человека	ГОСТ 12.3.003-86 ССБТ. Работы электросварочные. Требования безопасности
Движущиеся твердые, жидкие или газообразные объекты, наносящие удар по телу работающего	ГОСТ 12.2.003-91 ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности. ГОСТ 12.2.072-98 Роботы промышленные. Роботизированные технологические комплексы. Требования безопасности и методы испытаний
Производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий	ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление. ГОСТ 12.1.019-2017 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты

### Анализ опасных и вредных производственных факторов

#### Повышенный уровень шума:

– источник возникновения фактора – автоматизированная система сборки, автоматический сварочный аппарат;

– длительное воздействие фактора способно привести к развитию у работника потери слуха, увеличению риска артериальной гипертензии, болезней сердечно-сосудистой, нервной системы и др;

– нормативным эквивалентным уровнем звука, на рабочих местах, является 80 дБА, согласно пункту 35; [18]

– средствами защиты для минимизации воздействия фактора могут являться изолированные или встроенные элементы конструкции производственного помещения (экраны, перегородки, кабины и т. п.), а также средства индивидуальной защиты органа слуха (противошумы).

### Загрязнение воздушной среды:

– источник возникновения фактора – плавящаяся сварочная проволока и металл;

– длительное воздействие оксида углерода, марганца, оксида железа загрязнителей воздуха может вызывать раздражение глаз, носа, горла и легких, а также привести к повреждению органов;

– объемная доля кислорода в воздухе помещений производств и объектов потребления продуктов разделения воздуха должна быть не менее 19 и не более 23 %. ПДК не должны превышать углерода оксида 20 мг/м<sup>3</sup>, марганца 0,2 мг/м<sup>3</sup>, оксид железа 3 мг/м<sup>3</sup>; [19]

– средства защиты для минимизации воздействия фактора – установленная вентиляция, сварочный респиратор.

### Электромагнитные поля, неионизирующие ткани человека

– источник возникновения фактора – сварочная дуга, трансформатор, кабели и провода;

– электромагнитные поля оказывают отрицательное воздействие на человека, что может проявляться в виде различных физиологических реакций. Воздействие на организм человека может приводить к замедлению реакций, снижению кровяного давления, уменьшению частоты сердечных сокращений и изменению состава крови;

– допустимое максимальное значение ППЭ<sub>пд</sub> не должно превышать 10 Вт/м<sup>2</sup> (1000 мкВт/см<sup>2</sup>) в соответствии с ГОСТ 12.1.006-84, 1 пунктом, 1.3 подпунктом;

– для защиты используются приэкранные защитные фильтры для видеомониторов, нейтрализаторы электрических полей промышленной частоты, Очки защитные со спектральными фильтрами ЛС и НСФ.

### Повышенный уровень локальной и общей вибрации:

– вибрация на рабочем месте обусловлена движениями используемых для перемещения деталей и сборки изделий, так же непосредственно при самой сварки;

– воздействие фактора на организм может привести к утомляемости, головной боли, нарушения сна, повышенную чувствительность к холоду, болезням опорно-двигательного аппарата, нарушениям зрения и слух;

– согласно нормам, локальная вибрация равна 126 дБ, а общая вибрация равна 97-100 дБ в соответствии с таблицей 5.4; [18]

– средства защиты для минимизации воздействия фактора – использование виброизолирующей одежды, рукавиц, обуви.

Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения:

– источник возникновения фактора – выбор рабочего место, удалённого от источника света;

– недостаточное освещение может привести к утомлению глаз, головной боли и другим заболеваниям, таким как астенический синдром, нарушение сна и депрессия;

– общая освещенность должна быть не менее 500 лк. (разряд зрительной работы II в) в соответствии с СП 52.13330.2016, пункт 4, таблица 4.1;

– рекомендуемые источники света для предотвращения фактора – СД; ЛЛ типов: ЛЕЦ, 840\*, 865\*, МГЛ.

Ультрафиолетовое излучение:

– источник возникновения фактора – сварочная дуга;

– фактор приводит к повреждению кожи, глаз, ДНК, снижению иммунитета;

– спектральный диапазон используемых в УФ-облучателях источников излучения должен быть 315—400 нм с преобладанием длины волны 365 нм; [20]

– для обеспечения безопасности нужны устройства оградительные, для вентиляции воздуха, автоматического контроля и сигнализации. [21]

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

- источник возникновения фактора – нагретый от дуги металл;
- фактор может привести к ожогам на теле человека;
- нормативный ожоговый порог приведен в таблице 33. [22]

Таблица 33. Ожоговый порог

Материал	Ожоговый порог $T_p$ , °С, при продолжительности контакта		
	1 мин	10 мин	8 ч и более
Металл без покрытия	51	48	43
Металл с покрытием	51	48	43

– средства защиты для минимизации воздействия фактора – использование специальных защитных экранов для защиты окружающих от излучения сварочной дуги и лучей света. Использование специальной сварочной одежды и средств индивидуальной защиты (маски, очки, перчатки, сапоги).

Движущиеся твердые, жидкие или газообразные объекты, наносящие удар по телу работающего:

– источник возникновения фактора – роботы для сборки и сварки, трубы для трубной решетки.

– фактор может привести к сотрясениям, ушибам, переломам, ожогам.

– пониженная скорость должна выбираться в зависимости от грузоподъемности ПР и схемы его расположения, однако пониженная скорость, измеренная на фланце крепления инструмента или зажима, должна быть не более 250 мм/с.

– средства защиты для минимизации воздействия фактора – использовать защитные ограждения. Добавление функции двуручного управления.

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

– источник возникновения фактора – робот сборочный и сварочный, сеть, сварочная дуга;

– воздействие фактора на человека – когда тело подвергается воздействию электрического напряжения, через него проходит электрический ток, который может привести к нарушению нормального функционирования организма. В результате возникают судороги, прекращается дыхание и сердце перестает работать;

– для переменного тока частотой 50 Гц допустимое значение напряжения прикосновения составляет 2 В, а силы тока – 0,3 мА, для тока частотой 400 Гц, соответственно – 2 В и 0,4 мА, для постоянного тока – 8 В и 1 мА;

– средства защиты для минимизации воздействия фактора являются оградительные устройства, устройства автоматического контроля и сигнализации, изолирующие устройства и покрытия, устройства защитного заземления, устройства автоматического отключения, предохранительные устройства. [23]

### **5.3. Экологическая безопасность**

Электродуговая сварка характеризуется интенсивным выделением тепла, как лучистого, так и конвективного, а также выбросами пыли, которые могут привести к высокой степени загрязнения производственных помещений токсичной мелкодисперсной пылью. В результате окисления кислородом воздуха, выделенные пары образуют мелкодисперсную пыль. Кроме того, при проведении сварочных и термических процессов конвективные потоки переносят газы и пыль вверх, увеличивая уровень загрязнения воздуха в производственных помещениях. В процессе сварки с загрязнением селитебной зоны вредные вещества попадают в атмосферу.

Так как используется сварочная проволока, для защиты воздуха можно использовать в более эффективных сварочных процессах, таких как MIG/MAG и TIG сварка, которые создают меньше дыма и газов.

При охлаждении свариваемых материалов вода, используемая в качестве охладителя, уходит в гидросферу. Таким образом, вредные вещества, оставшиеся на материале такие как хром, молибден, никель. ПДК их составляет 0,0015, 0,02, 0,001. [18]

Проблема возникает при использовании водных объектов в качестве водоемов-охладителей для охлаждения промышленного и энергетического оборудования, что может привести к тепловому воздействию на воду и нарушению ее экологического баланса. Летом разница в температуре забираемой и сбрасываемой воды составляет 5-7 градусов, зимой - 12-14 градусов. Охлаждающая способность поверхности воды зависит от ветра и температуры и может варьировать от 7 до 36 ккал/ч на 1 м<sup>2</sup> на каждый градус разницы между температурой воды и воздуха.

Для обеспечения безопасного использования водных ресурсов должны соблюдаться требования нормативных актов, регулирующих отношения в этой области. Кроме того, для более эффективного использования гидросферы применяются мероприятия, такие как оборудование отдельных систем хозяйственно-бытовой и ливневой канализации.

Проблемы загрязнения литосферы могут возникать из-за промышленных отходов, таких как остатки от сварочной проволоки, бракованные изделия и лишние материалы, а также от влияния сточных вод. Для предотвращения загрязнения земельных ресурсов должны соблюдаться требования нормативных правовых актов, регулирующих отношения в этой области в соответствии с законами. Также должна проводиться работа по охране земель от загрязнения, в том числе рекультивация деградированных и загрязненных земель, а также контроль температурного и химического состояния грунтовых вод, находящихся близко к поверхности.

#### **5.4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

К возможным чрезвычайным ситуациям можно причислить наводнения, обрушивание зданий, землетрясения, оползни, пожары, взрывы и отказы оборудования.

Одно из наиболее вероятная чрезвычайная ситуация с учётом особенностей сварочных процессов – пожар. Причины возникновения возгорания: неправильно настроенные параметры сварки, неисправность сварочного оборудования. С учётом этого класс пожара в сварочном оборудовании – это класс D (пожары металлов) [24].

Для предотвращения пожаров должны быть соблюдены следующие требования: При сварке изделий на поточно-механизированных и автоматизированных линиях должны предусматриваться местные вытяжные устройства, встроенные в оснастку линий. Не допускается проведение сварки при неработающей местной вытяжной вентиляции. Сварка в замкнутых и труднодоступных пространствах должна производиться по допуску на особо опасные работы при выполнении следующих условий:

Сварка в замкнутых и труднодоступных пространствах должна производиться по наряду- допуску на особо опасные работы при выполнении следующих условий:

- наличия люка (люков) для прокладки коммуникаций и эвакуации работающих;

- непрерывной работы местной вытяжной вентиляции и средств, исключающих накопление вредных веществ в воздухе выше предельно допустимых концентраций и содержание кислорода менее 19 % (по объему);

- наличия в сварочном оборудовании устройства прекращения подачи защитного газа при выключении напряжения в сварочной цепи; [25]

В случае возникновения пожар в здании автоматически запускаются датчики пожаротушения, и звуковая система оповещает всех сотрудников о том, что необходимо немедленно эвакуироваться из здания и следовать плану эвакуации, предназначенному для пожарной ситуации. Для устранения последствий пожара следует вызвать пожарную службу или использовать огнетушитель класса "D", предназначенный для тушения металла, незащищенных металлических конструкций или металлосодержащих соединений.

## **Выводы по разделу «Социальная ответственность»**

Значение всех производственных факторов на изучаемом рабочем месте соответствует нормам, которые также были затронуты в данном разделе. Данное помещения относится к категории с повышенной опасностью, так как имеет следующее условие, создающее повышенную опасность (токопроводящие полы и возможность прикосновения человека с землей и к корпусам электрооборудования). Роботы для сварки и сборки относятся к классу II защиты от поражения электрическим током, так как они защищены от поражения как основной изоляцией, так и дополнительной изоляцией.

Класс II оборудования предназначен для работы в условиях, когда напряжение питания не превышает 1000 В переменного тока или 1500 В постоянного тока. Также это оборудование обеспечивает двойную защиту от поражения электрическим током, что повышает уровень безопасности для оператора и других людей, находящихся в зоне работы робота для сварки. [26]

Согласно правилам по охране труда при эксплуатации электроустановок персонал должен обладать II группой допуска по электробезопасности. Работники с основным общим или со средним полным образованием должны пройти обучение в образовательных организациях в объеме не менее 72 часов. Элементарные технические знания об электроустановке и ее оборудовании. Знание основных мер предосторожности при работах в электроустановках." [27] Согласно правилам по определению категорий помещения по взрывопожарной и пожарной опасности производственное помещение имеет категорию группы Г (Негорючие вещества и материалы в горячем, раскаленном или расплавленном состоянии, процесс обработки которых сопровождается выделением лучистого тепла, искр и пламени, и (или) горючие газы, жидкости и твердые вещества, которые сжигаются или утилизируются в качестве топлива) [28]. Категория тяжести по СанПиН 1.2.3685-21 "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания"

[18] относиться к категории Iб, то есть работы, производимые сидя, стоя или связанные с ходьбой и сопровождающиеся физическим напряжением.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных исследований и разработок была создана автоматизированная система сборки и сварки трубной решетки из стали 12Х1МФ. Основная цель проекта состояла в увеличении производительности и качества процесса сборки и сварки трубной решетки, а также в сокращении затрат на рабочую силу.

В рамках работы был разработан специальный приспособительный стол, который позволяет автоматически собирать трубы в нужную конструкцию. Это позволило значительно сократить время, затрачиваемое на сборку решетки, а также минимизировать ошибки при сборке.

Кроме того, был разработан автоматический сварочный аппарат, способный выполнять сварку трубной решетки без участия человека. Это повысило точность и качество сварочных швов, а также исключило возможность ошибок, связанных с человеческим фактором.

В результате внедрения данной системы было достигнуто увеличение производительности процесса сборки и сварки трубной решетки в несколько раз, а также улучшение качества изделия. Благодаря автоматизации процесса удалось снизить затраты на рабочую силу и повысить эффективность производства.

Таким образом, разработанная система автоматизированной сборки и автоматической сварки трубной решетки из стали 12Х1МФ является эффективным и перспективным решением для предприятий, занимающихся производством данного типа изделий. Она позволяет существенно сократить время и затраты на процесс сборки и сварки, а также повысить качество и точность выполнения работ.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Виды теплообменников // ТЕПЛОПРОФИ URL: <https://www.teploprofi.com/vidi-teploobmennikov/> (дата обращения: 01.05.2023).
2. Конструкция теплообменника // Academia URL: [https://www.academia.edu/31824560/Heat\\_exchanger\\_design](https://www.academia.edu/31824560/Heat_exchanger_design) (дата обращения: 01.05.2023).
3. Трубные решётки и перегородки теплообменников // Феникс URL: <https://feniks-msk.com/page/tubesheet-and-baffles-heat-exchangers/> (дата обращения: 02.05.2023).
4. Изготовление трубной решетки // ИНТЕРТЕХПРИБОР URL: <https://www.intertechpribor.ru/blog/obzory-tovarov/trubnaya-reshetka/> (дата обращения: 02.05.2023).
5. Трубная решетка для горизонтальных и вертикальных теплообменников // ПОЛИНЭРГО URL: <https://tomsk.polinergo.ru/news/490/> (дата обращения: 03.05.2023).
6. ГОСТ 13202—77 Аппараты теплообменные кожухотрубчатые с плавающей головкой. Размещение отверстий под трубы в трубных решетках и перегородках.
7. ГОСТ Р 55601 – 2013 Аппараты теплообменные и аппараты воздушного охлаждения. Крепление труб в трубных решетках. Общие технические требования.
8. Сталь 12Х1МФ // URL: <https://baltstroy metall.ru/marki-stali/308-stal-121> (дата обращения: 04.05.2023).
9. Влияние химических элементов на свойства стали // ornamita URL: <https://ornamita.ru/tehinfor2/vliyanie-himicheskikh-elementov-na-svoystva-stali/> (дата обращения: 04.05.2023).
10. Обзор стали 12Х1МФ и сферы ее применения // СТРОЙ URL: <https://stroy-podskazka.ru/stal/marki/12h1mf/> (дата обращения: 04.05.2023).
11. Трещинообразование при сварке // ВикиЧтение URL: <https://tech.wikireading.ru/hK5ehnzL8o> (дата обращения: 06.05.2023).

**12.** Роботизированные источники сварки серии S-RoboMIG XT // LORCH smart welding URL: <https://lorch.ru/srobomigxtlorch/> (дата обращения: 08.05.2023).

**13.** SMART WELDING // LORCH smart welding URL: [https://www.intertechpribor.ru/upload/iblock/27a/Каталог\\_сварочного\\_оборудования\\_Lorch.pdf](https://www.intertechpribor.ru/upload/iblock/27a/Каталог_сварочного_оборудования_Lorch.pdf) (дата обращения: 08.05.2023).

**14.** Соединитель LorchNet-Connector // РивалСварка URL: <https://rivalsvarka.deal.by/p4500214-soedinitel-lorchnet-connector.html> (дата обращения: 08.05.2023).

**15.** Optris СТ 2М стационарный инфракрасный пирометр // биолайт URL: <https://biolight.info/product/0022482> (дата обращения: 08.05.2023).

**16.** IAS Robot Automation // IAS Robot URL: <https://iasrobot.com/products/kuka-robot-mcon-3080-ak-198959-00-198-959-ethernet-switch> (дата обращения: 09.05.2023).

**17.** Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 № 197-ФЗ (ред. от 19.12.2022) (с изменениями и дополнениями, вступивший в силу с 01.03.2023).

**18.** СанПиН 1.2.3685-21 "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания".

**19.** ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.

**20.** ГОСТ 28369-89 Контроль неразрушающий. Облучатели ультрафиолетовые. Общие технические требования и методы испытаний

**21.** ГОСТ 12.4.011-89 ССБТ. Средства защиты работающих. Общие требования и классификация.

**22.** ГОСТ Р 51337-99 безопасность машин температуры касаемых поверхностей. Эргономические данные для установления предельных величин горячих поверхностей.

**23.** ГОСТ 12.1.030-8 ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление.

**24.** ГОСТ 27331-87 Пожарная техника. Классификация пожаров.

**25.** ГОСТ 12.3.003-86 ССБТ. Работы электросварочные. Требования безопасности

**26.** ГОСТ 12.2.007.0-75 ССБТ. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности.

**27.** Приказ Минтруда РФ от 15.12.2020 N 903Н "Об утверждении Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок"

**28.** СП 12.13130.2009 Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности

# **ПРИЛОЖЕНИЕ А**

(обязательное)

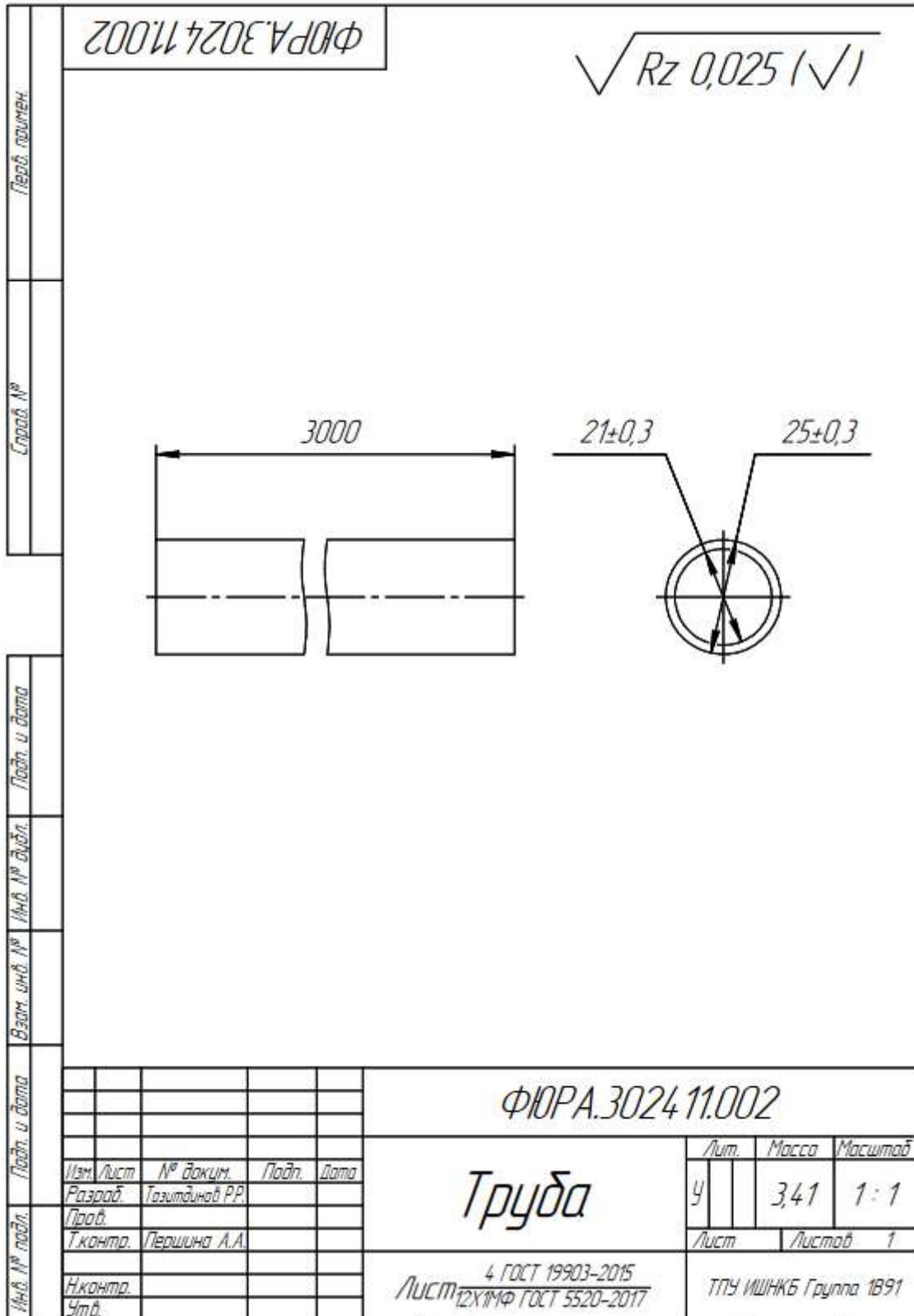
Чертеж



# ПРИЛОЖЕНИЕ Б

(обязательное)

Чертеж



Копировал

Формат А4

## **ПРИЛОЖЕНИЕ В**

(обязательное)

Комплект технологической документации









