

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

### ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА БАКАЛАВРА

Тема работы
Разработка автоматизированной системы сборки и автоматизированной сварки корпуса парового котла отопления

УДК: 621.791.7-52:621.181-049.1:679.4

Обучающийся

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1В91	Потапчук Анна Ивановна		

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
Старший преподаватель ООД ШБИП	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.		

Томск – 2023 г.

## 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
ОПК(У)-4	Способен участвовать в разработке обобщенных вариантов решения проблем, связанных с автоматизацией производств, выборе на основе анализа вариантов оптимального прогнозирования последствий решения
ОПК(У)-5	Способен участвовать в разработке технической документации, связанной с профессиональной деятельностью
<b>Профессиональные компетенции</b>	
ПК(У)-1	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 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

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

### ЗАДАНИЕ на выполнение выпускной квалификационной работы

Обучающийся:

Группа	ФИО
1В91	Птапчук Анна Ивановна

Тема работы:

Разработка автоматизированной системы сборки и автоматизированной сварки корпуса парового котла отопления	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	621.791.7-52:621.181-049.1:679.4

Срок сдачи обучающимся выполненной работы:	
--	--

#### ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p><b>Исходные данные к работе</b> (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.)</p>	<p>Технология разработки автоматизированной сварки под слоем флюса корпуса котла парового отопления из стали 20к. Тип производства – единичный</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>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Обзор литературы             <ol style="list-style-type: none"> <li>1.1. Описание устройства</li> <li>1.2. Описание сварной конструкции</li> </ol> </li> <li>2. Выбор способа сварки</li> <li>3. Выбор основных материалов             <ol style="list-style-type: none"> <li>3.1. Описание материала стальной 20К</li> <li>3.2. Выбор проволоки</li> <li>3.3. Выбор флюса</li> </ol> </li> <li>4. Расчет технологических режимов сварки             <ol style="list-style-type: none"> <li>4.1. Расчет прихваток</li> <li>4.2. Расчет длины швов</li> <li>4.3. Расчет времени сварки</li> <li>4.5. Расчет расхода сварочной проволоки и флюса</li> </ol> </li> <li>5. Борьба со сварочными деформациями, напряжениями и дефектами             <ol style="list-style-type: none"> <li>5.1. Дефекты, возникающие при сварке</li> <li>5.2. Сварочные деформации</li> </ol> </li> <li>6. Методы контроля сварных соединений</li> <li>7. Процесс изготовления обечаек             <ol style="list-style-type: none"> <li>7.1. Заготовительные операции</li> <li>7.2. Вальцовка</li> </ol> </li> <li>8. Автоматизированное производство             <ol style="list-style-type: none"> <li>8.1. Автоматический комплекс сварки обечаек на базе колонны INCZ 4*4, INTEGRAL                 <ol style="list-style-type: none"> <li>8.1.1. Сварочная колонная INCZ 4×4, INTEGRAL</li> <li>8.1.2. Автоматическая сварочная головка</li> <li>8.1.3. Автоматическая подача флюса</li> <li>8.1.4. Саморегулирующиеся роликовые вращатели</li> <li>8.1.5. Сварочный источник питания</li> </ol> </li> </ol> </li> </ol>
<p><b>Перечень графического материала</b>  <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	
<p><b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b>  <i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p><b>Раздел</b></p>	<p><b>Консультант</b></p>
<p>Финансовый менеджмент</p>	<p>Гасанов Магеррам Али оглы</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>Мезенцева Ирина Леонидаовна</p>

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

**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	Потапчук Анна Ивановна		

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	Потапчук Анна Ивановна

Тема работы:

Разработка автоматизированной системы сборки и автоматизированной сварки корпуса парового котла отопления
---

Срок сдачи обучающимся выполненной работы:

Дата контроля	Название раздела (модуля) /вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
09.02.23	Обзор литературы	...
27.02.03	Выбор способа сварки	
01.03.23	Выбор основных материалов	
20.03.23	Расчет технологических режимов сварки	
05.04.23	Борьба со сварочными деформациями, напряжениями и дефектами	
15.04.23	Методы контроля сварных соединений	
30.04.23	Процесс изготовления обечаск	
15.05.23	Автоматизированное производство	

**СОСТАВИЛ:**

**Руководитель ВКР**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ	Першина А.А.	К.Т.Н.		

**Руководитель ООП**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ	Першина А.А.	К.Т.Н.		

**Обучающийся**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
	Потапчук Анна Ивановна		

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	13
Определения, сокращения, нормативные ссылки .....	15
1 Обзор литературы .....	17
1.1 Описание устройства.....	17
1.2 Описание сварной конструкции .....	18
2 Выбор способа сварки .....	21
3 Выбор основных материалов .....	23
3.1 Описание материала сталь 20К .....	23
3.2 Выбор проволоки .....	25
3.3 Выбор флюса .....	26
4 Расчет технологических режимов сварки .....	28
4.1 Расчет прихваток.....	32
4.2 Расчет длины швов .....	32
4.3 Расчет времени сварки.....	33
4.4 Расчет расхода сварочной проволоки и флюса.....	34
5 Борьба со сварочными деформациями, напряжениями и дефектами ....	35
5.1 Дефекты, возникающие при сварке .....	35
5.2 Сварочные деформации.....	37
6 Метод контроля сварных швов.....	41
7 Процесс изготовления обечаек .....	42
7.1 Заготовительные операции .....	42
7.2 Вальцовка.....	43
8 Автоматизированное производство .....	44

8.1 Автоматический комплекс сварки обечаек на базе колонны INCZ 4*4, INTEGRAL .....	45
8.1.1 Сварочная колонна INCZ 4×4, INTEGRAL.....	46
8.1.2 Автоматическая сварочная головка .....	49
8.1.3 Автоматическая подача флюса.....	51
8.1.4 Саморегулирующиеся роликовые вращатели.....	53
8.1.5 Сварочный источник питания .....	54
9 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	58
9.1 Потенциальные потребители результатов исследования .....	58
9.2 Анализ конкурентных технических решений.....	59
9.3 SWOT – анализ.....	61
9.4 Планирование работ по научно-техническому исследованию ....	64
9.4.1 Структура работ в рамках научного исследования.....	64
9.4.2 Определение трудоемкости выполнения работ.....	65
9.4.3 Разработка графика проведения научного исследования.....	66
9.5 Бюджет научно-технического исследования .....	70
9.5.1 Расчет материальных затрат .....	70
9.5.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных работ .....	71
9.5.3 Основная заработная плата исполнителя темы .....	72
9.5.4 Дополнительная заработная плата .....	75
9.5.5 Отчисления во внебюджетные фонды.....	76
9.5.6 Накладные расходы .....	77
9.5.7 Формирование бюджета затрат проекта.....	77

9.6 Определение ресурсной, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования .....	78
Вывод по разделу финансовый менеджмент .....	81
10 Социальная ответственность .....	84
10.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности .....	85
10.1.1 Правовые нормы трудового законодательства .....	85
10.1.2 Эргономические требования к правильному расположению и компоновке рабочей зоны .....	86
10.2 Производственная безопасность .....	87
10.2.1 Опасные и вредные Факторы, связанные с высокой температурой материальных объектов окружающей среды, могущих вызвать ожоги .....	89
10.2.2 Движущиеся (в том числе разлетающиеся) твердые, жидкие или газообразные объекты, наносящие удар по телу работающего (в том числе движущиеся машины и механизмы); подвижные части производственного оборудования; передвигающиеся изделия, заготовки, материалы .....	89
10.2.3 Опасные и вредные производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий, включая действие молнии и высоковольтного разряда в виде дуги, а также электрического разряда живых организмов .....	90
10.2.4 Неподвижные режущие, колющие, обдирающие, разрывающие (например, острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования) части твердых объектов, воздействующие на работающего при соприкосновении с ним	

.....	91
10.2.5 Отсутствие или недостаток необходимого естественного освещения.....	91
10.2.6 Выделение вредных веществ при выполнении сварочных работ .....	92
10.3 Экологическая безопасность .....	93
10.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях .....	95
Вывод по разделу социальная ответственность .....	96
11 Список литературы .....	98

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 127с., 15 рис., 32табл., 29 источников, 3 прил.

Ключевые слова: корпус котла парового отопления, сварка, сталь, проволока, флюс, автоматизированная сварка.

Объектом исследования является: автоматизированная технология сборки и сварки корпуса котла парового отопления.

Цель работы – разработка автоматизированного решения сборки и сварки корпуса котла парового отопления из обечаек из стали 20, конструктивными размерами:  $L=4000$ ;  $D=1750$ ; толщина стенки 12мм.

В ходе работы проведены расчеты параметров автоматизированной сварки под слоем флюса, подобраны сварочные материалы, подобрано автоматизированное оборудование, разработан комплект технической документации.

В результате были подобраны сварочные материалы и сварочное оборудование. Разработана техническая документация для корпуса парового котла с размерами  $L=4000$ ;  $D=1750$ ; толщина стенки 12мм, разработана функциональная схема автоматизации.

## ВВЕДЕНИЕ

Автоматизированная сварка корпуса котла парового отопления является одним из важных этапов производства котлов и парогенераторов.

Развитие технологий и автоматизации производства в последние годы позволяет значительно ускорить процесс производства котлов парового отопления за счет использования автоматизированных систем сварки. Это позволит повысить производительность и качество продукции, снизить затраты на производство и улучшить условия труда для рабочих. Кроме того, автоматизированная сварка корпуса котла парового отопления поможет сократить время производственного цикла, что позволит более быстро реагировать на изменения на рынке и повышать конкурентоспособность предприятия. Таким образом, данная тема является актуальной и имеет большой потенциал для дальнейшего развития.

Корпус котла является одним из самых крупных и сложных элементов, который состоит из многих частей, которые необходимо сварить вместе. Чтобы снизить время и усилить качество сварки, в производстве используются специализированные системы автоматизированной сварки.

Такие системы оснащены роботами, которые могут следить за качеством и точностью сварки, а также обеспечить равномерную толщину шва по всей длине корпуса.

Одним из особых требований к сварке корпуса котла является её прочность и долговечность. Поэтому при выборе метода сварки учитываются такие факторы, как толщина стенок корпуса, характеристики используемых материалов и тип сварочного оборудования.

Целью данной работы является разработка автоматизированного решения сборки и сварки корпуса котла парового отопления из обечаек стали 20К, диаметром 1750 мм и толщиной стенок 12мм.

В данной работе будут рассмотрены следующие задачи:

- Выбор и описание материала для изготовления корпуса
- Выбор сварочных материалов
- Расчет режимов сварки
- Подбор автоматизированного оборудования

## ОПРЕДЕЛЕНИЯ, СОКРАЩЕНИЯ, НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

Данная работа включает в себя следующие определения:

сварка – процесс получения неразъемного соединения двух и более металлических частей;

автоматизация – использование технических средств и систем управления, которые позволяют человеку частично или полностью освободить себя от участия в процессе;

сварка под слоем флюса – это метод сварки, при котором сварочная дуга горит между электродом и заготовкой, а зона сварки погружена в слой флюса;

сварное соединение – это соединение двух или более металлических деталей, которое было создано путем сварки;

автоматизированная сварка – это процесс сварки, в котором сварочный процесс контролируется и управляется автоматически с помощью специализированного оборудования и программного обеспечения;

прихватка – короткие сварные швы, выполняемые после сборки в узел до начала сварки, для предотвращения смещения детали и сохранения зазоров;

Сварочные дефекты – отклонения от заданных параметров соединений при сварке.

В данной работе используются следующие сокращения:

КПД – коэффициент полезного действия;

ВИК – визуальный измерительный контроль;

УЗК – ультразвуковой контроль;

L – длина сварного шва;

D – диаметр;

$\sigma_{0,2}$  – предел текучести, МПа;

$\sigma_B$  – предел прочности, МПа;  $j_I$  – плотность тока;

$b$  – зазор между свариваемыми деталями;  
 $F_{\text{н}}$  – площадь наплавленного металла;  
 $d_{\text{э}}$  – диаметр электродной проволоки;  
 $I_{\text{св}}$  – величина сварочного тока;  
 $U_{\text{д}}$  – напряжение на дуге;  
 $l_{\text{в}}$  – вылет электродной проволоки;  
 $V_{\text{э}}$  – скорость подачи электродной проволоки;  
 $q_{\text{н}}$  – погонная энергия;  
 $\varphi_{\text{пр}}$  – коэффициент формы проплавления;  
 $k$  – коэффициент провара;  
 $h_{\text{р}}$  – глубина провара;  
 $f$  – высота валика шва;  
 $V_{\text{н}}$  – объем наплавленного металла;  
 $T_{\text{св}}$  – время сварки;  
 $T_{\text{об}}$  – общее время сварки;  
 $G_{\text{пр}}$  – расход электродной проволоки;  
 $G_{\text{ф}}$  – расход сварочного флюса;

# 1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

## 1.1 Описание устройства

Котел парового отопления является устройством, используемым для преобразования воды в пар, который затем может быть использован для паровых турбин, генерации электроэнергии и паровой обработки материалов.

Основные компоненты парового котла включают в себя корпус котла, топливный бак, горелку, систему поставки воды и систему отвода пара. В зависимости от типа топлива, которое используется для нагрева воды, паровые котлы могут быть классифицированы как газовые котлы, котлы на жидком топливе или котлы, работающие на твердом топливе [1].

Сварка корпуса котла парового отопления – это процесс соединения металлических деталей котла с помощью сварочных работ. Корпус котла – это основная конструкция, на которую монтируются все остальные элементы котла. Правильно выполненная сварка корпуса котла является важным условием безопасной и эффективной работы котла.

Сварка корпуса котла – это процесс соединения металлических деталей с помощью сварочных работ. Корпус котла – это основная конструкция, на которую монтируются все остальные элементы котла.

Для сварки корпуса котла используются различные методы сварки, такие как дуговая сварка, газовая сварка и сварка под слоем флюса. Выбор метода сварки выбирается в зависимости от марки стали, размеров, условий эксплуатации и многих других факторов.

На рисунке 1 представлен общий вид котла парового отопления.

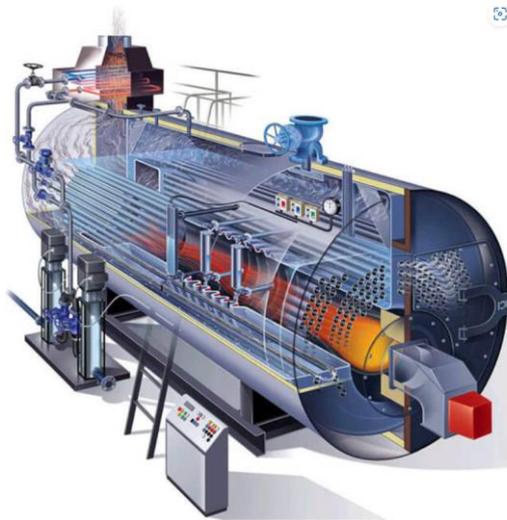


Рисунок 1 – Котел парового отопления [1]

Несмотря на то, что паровые котлы являются важным компонентом многих промышленных процессов, они относятся к установкам повышенного класса опасности. Для минимизации рисков, связанных с эксплуатацией паровых котлов, требуется профессиональная сборка, сварка и установка, также регулярное обслуживание оборудования.

## **1.2 Описание сварной конструкции**

Конструкцию корпуса составляют обечайки. Обечайки могут быть изготовлены из различных материалов, например, из углеродистых сталей, нержавеющей стали, алюминия и меди. Они обычно применяются для создания круглых емкостей, таких как сферические баки для хранения газов или жидкостей, реакторы для химических процессов и т.д.

Обечайки изготавливаются из листового материала, производится вальцовка и сварка продольного шва обечайки. Затем происходит сборка корпуса из нескольких обечаек и производится сварка кольцевых швов. На рисунке 2 представлены кольцевые и продольные швы обечаек.

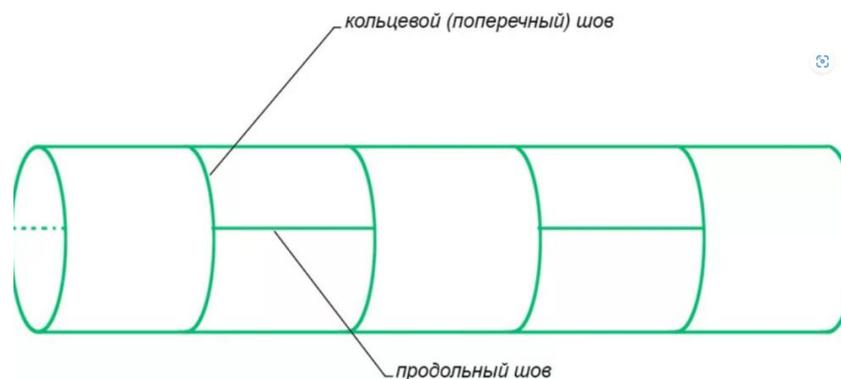


Рисунок 2 – Продольные и кольцевые швы

Конструкция корпуса парового котла в данной работе включает в себя сборку из трех обечаяек.

Габаритные размеры корпуса парового котла:  $L=4000\text{мм}$ ;  $D=1750\text{мм}$ ; толщина стенки  $12\text{мм}$ .

Конструкция изделия представлена в приложении А.

Сварная конструкция из обечаяек имеет ряд преимуществ перед другими типами конструкций. Она имеет высокую прочность и устойчивость к воздействию внешних нагрузок. Кроме того, сварные соединения обычно являются более прочными, чем соединения, выполненные при помощи болтов или гаек. Обечайки также обладают высокой переносимостью и могут быть легко установлены на месте.

Требования к изготовлению обечайки включают [2]:

- использование высококачественных материалов, соответствующих требованиям нормативных документов;
- соблюдение технологического процесса изготовления обечайки;
- наличие герметичных соединений между крышкой и корпусом обечайки, чтобы избежать утечек жидкости;
- соблюдение требований к сопряжению обечайки с другими узлами, соответствующих нормативным документам;
- обеспечение достаточной прочности и долговечности обечайки, чтобы она могла выдерживать необходимые нагрузки и условия

эксплуатации;

- отсутствие дефектов и отклонений от требуемых размеров и геометрических параметров;
- использование сертифицированного оборудования и средств измерения, прошедших метрологическую аттестацию;
- соблюдение требований по экологической безопасности и охране труда при изготовлении обечайки.

## 2 ВЫБОР СПОСОБА СВАРКИ

Сварка под слоем флюса и механизированная сварка в среде защитных газов - это два наиболее распространенных метода сварки, которые используются для сварки протяженных швов котельных установок. Сварка под слоем флюса включает в себя использование флюса - смеси химических веществ, которая защищает расплавленный металл от окисления воздухом. Этот метод обеспечивает глубокое проникновение сварного шва и превосходную устойчивость к коррозии. Сварка в среде защитных газов происходит с использованием таких газов, как аргон, углекислый газ, гелий или смесей газов.

Для сварки корпуса котла парового отопления была выбрана сварка под слоем флюса [3]. Данный метод сварки имеет несколько преимуществ над способом сварки в среде защитных газов: отсутствие потребности в баллонах с газом; меньшее выделение вредных паров газа; высокая производительность; стабильное горение дуги, так как при сварке в среде защитных газов возникает вероятность нарушения газового потока из-за внешних факторов; высокое качество сварного соединения.

Сварка под слоем флюса - это метод сварки, при котором флюсовый порошок используется для защиты сварочной зоны от окисления и других вредных воздействий окружающей среды. Этот метод сварки используется во многих отраслях промышленности, включая строительство, производство металлоконструкций и изготовление трубопроводов.

В процессе сварки под слоем флюса, слой флюса расплавляется вместе с сварочным металлом, что создает защитный барьер, предотвращающий окисление металла и другие неблагоприятные воздействия. Флюс также обеспечивает лучшую проникающую способность сварочной дуги, улучшает направленность направляющей пластины и способствуют формированию более прочных и надежных сварных соединений.

Сварка под слоем флюса может быть выполнена вручную или автоматически. Помимо защиты сварочной зоны, метод также сокращает количество различных дефектов, таких как прожоги и поры, и позволяет обеспечить более высокую производительность сварочных работ. В целом, сварка под слоем флюса является эффективным методом для получения высококачественных сварных соединений, т.к. он обеспечивает хорошую защиту металла и улучшает качество сварочного соединения.

Плюсы автоматической сварки под слоем флюса:

- повышенная степень производительности;
- отсутствие брызг;
- более высокая мощность при закрытой дуге, из-за этого большая глубина проплавления металла;
- мелкочешуйчатая структура шва ;
- защита от вредных внешних воздействий из-за использования флюса.

Минусы автоматической сварки под слоем флюса:

- требуется тщательная подготовка металла;
- вредное воздействие на человек человека, контролирующего процесс;
- дорогостоящее оборудование.

### **3 ВЫБОР ОСНОВНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

Важным аспектом при сварке под слоем флюса является выбор сварочных материалов. Они должны соответствовать требованиям по качеству и безопасности, а также обеспечивать необходимые сварочные свойства.

Основные сварочные материалы, используемые при сварке под слоем флюса, включают в себя проволоку и флюс. Проволока для сварки должна соответствовать требованиям по прочности, деформации и другим свойствам. В зависимости от материала, который будет сварен, могут выбираться различные типы проволоки. Флюс используется для создания порошковой ванны, которая охлаждает и защищает металл от внешних воздействий в процессе сварки. Флюсы могут быть различных типов, в зависимости от своих свойств и назначения.

Выбор сварочных материалов для сварки под слоем флюса должен осуществляться с учетом требований к конкретному проекту, а также оптимальной балансировки между качеством сварки, стоимостью и безопасностью процесса.

#### **3.1 Описание материала сталь 20К**

Сталь 20К относится к классу конструкционных углеродистых сталей высокого уровня качества. Сталь имеет высокую прочность, твердость и устойчивость к истиранию. Она также обладает хорошей термической устойчивостью и устойчивостью к коррозии.

Сталь 20 находит применение в судостроении для изготовления корпусов судов, палубных конструкций, в нефтегазовой отрасли для изготовления трубопроводов, бурильных труб, кранов, клапанов, насосных лопастей, котлов и других деталей [4].

Цифра 20 в обозначении марки указывает среднее содержание углерода в составе в размере 0,20%. Буква К указывает основное назначение стали — для изготовления деталей и частей котлов и сосудов, работающих при повышенной температуре и под давлением[5].

Химический состав стали и структура:

Структура стали 20К феррито – перлитная. Такая структура является наиболее распространенной среди конструкционных углеродистых сталей.

Феррит – это твердый раствор внедрения углерода в альфа – железо. Перлит – эвтектоидная смесь феррита и цементита.

Феррито-перлитная структура – это структура, образованная в результате распада аустенита в углеродистых сталях, с содержанием углерода менее 0,8% (рисунок 4).

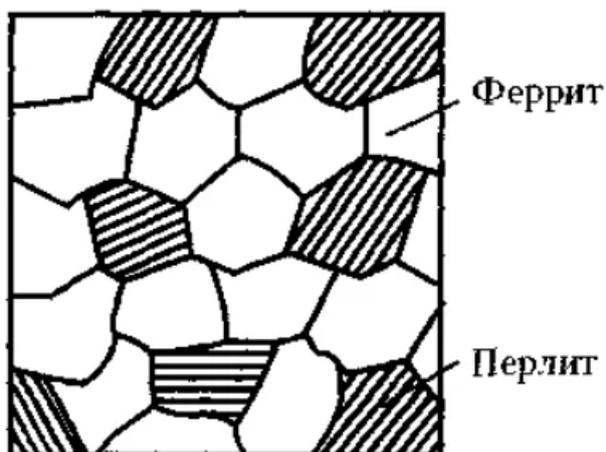


Рисунок 3 – Феррито-перлитная смесь

Состав стали 20К довольно разнообразен, т.к. в нем содержится медь, кремний, фосфор и т.д.

Таблица 1 – Содержание химических элементов в составе стали в % [5]

С	Si	Mn	S	P	Ni	Cr	Cu	As	Fe
0,17- 0,24	0,17- 0,37	0,35- 0,65	до 0,04	до 0,04	до 0,25	до 0,25	до 0,25	до 0,08	~98

В таблице 2 представлены механические свойства стали 20К при

повышенных температурах.

Таблица 2 – Механические свойства стали [5]

Температура испытаний, °С	Предел текучести, $\sigma_{0,2}$ , МПа	Предел прочности, $\sigma_B$ , МПа
20	280	430
200	230	405
300	170	415
400	150	340
500	140	245

Таблица 3 – Коэффициент теплопроводности стали [5]

Температура испытаний, °С	20	100	200	300	400	500
Коэффициент теплопроводности $\lambda$ , Вт/(м*К)	-	51	49	46	42	39

Сваривается сталь 20К без ограничений. Для способов сварки подходит РДС, сварка под слоем флюса, газовая сварка [5].

Недостатком данной стали является склонность к коррозионным процессам. Для защиты от коррозионных процессов стали покрывают защитным составом.

### 3.2 Выбор проволоки

Для сварки под слоем флюса подходят различные марки проволоки, такие как Св-08, Св-08ГА, Св-10ГА, согласно ОСТ 26.260.3-2001 сварка [6].

Для выполнения данной работы была выбрана проволока Св-10ГА.

Проволока Св-10ГА - это конструкционный материал, применяемый в машиностроении, легкой и тяжелой промышленности. Она относится к классу горячекатаных сталей и используется для создания прочных и

долговечных изделий.

Св-10ГА - это марка стальной проволоки, которая используется для проведения сварочных работ и изготовления арматуры. «Св» в названии указывает о применении проволоки, то есть сварка. Число 10 указывает на количество углерода в составе. Буква «Г» говорит о легировании стали марганцем. Буква «А» означает сниженное содержание углерода. Она имеет высокую прочность и устойчивость к коррозии. Св-10ГА содержит углерод, марганец и кремний, что обеспечивает ее высокую пластичность и способность сохранять форму после изгиба [7].

Химический состав материала приведен в таблице 4.

Таблица 4 – Химический состав проволоки, % [7]

С	Si	Mn	Ni	S	P	Cr
до 0,12	до 0,06	1,1 – 1,4	до 0,3	до 0,025	до 0,03	до 0,01

На сегодняшний день проволока Св-10ГА является одним из наиболее востребованных материалов для создания механизмов и оборудования, требующих высокой прочности, устойчивости к воздействию окружающей среды и долговечности.

### 3.3 Выбор флюса

Для автоматической сварки под слоем флюса подходит флюс марок АН-348А, ОСЦ-45, ОСЦ-45М, АН-42М, АН-60, Фц-19.

Флюс марки АН-42М хорошо подходит для конструкционных сталей. Флюс АН-42М - это кислород-содержащий алюминиево-магниево-кремниевый порошок, предназначенный для сварки различных сплавов. Флюс АН-42М производят из природного магнезита и боксита с добавлением паяных сплавов на основе алюминия.

Таблица 5 – Химический состав флюса АН-42М, % [8]

SiO <sub>2</sub>	MnO	CaO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	S	P	CaF <sub>2</sub>
30-34	14-19	12-18	13-18	Не более 0,1	Не более 0,02	Не более 0,01	14-20

Таблица 6 – Технические свойства флюса АН-42М, % [8]

Вид зерен	стекловидные
Насыпная плотность	1,3 – 1,8 гсм <sup>2</sup>
Влажность	не более 0,1% от массы
Размер частиц	0,25 – 2,8 мм
Инородные примеси	до 0,2% от массы

Флюс обеспечивает высокое качество сварного соединения, повышенную производительность и стабильность процесса сварки. Кроме того, сварочный флюс имеет хорошую адгезию к металлу, защищает сварочный шов от различных внешних воздействий, таких как коррозия, влага, агрессивные среды, и т.д. Он отличается высокими техническими характеристиками, устойчивостью к высоким температурам, долгим сроком хранения (до 2-х лет) и простотой в использовании.

## 4 РАСЧЕТ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ СВАРКИ

Расчет сварных параметров является важным этапом в процессе сварки, который помогает выбрать наиболее оптимальные настройки сварочного оборудования и получить качественное сварное соединение.

Подбор режимов сварки должен учитывать тип и толщину свариваемых материалов, требования к прочности и локации сварного соединения, а также условия эксплуатации изделия. Критериями качества сварки являются прочность соединения, отсутствие дефектов (пор, трещин, шлаковых включений), геометрические параметры (ширина, глубина, форма сварного шва), равномерность сварки и прочие показатели, зависящие от требований к конечному изделию.

Чтобы обеспечить качественный сварочный процесс, необходимо правильно подобрать сочетание основных и дополнительных параметров, следить за их регулировкой в процессе сварки и выполнять контроль качества сварных соединений.

Перед тем как приступить к расчетам сварных параметров [9], необходимо определить типы сварных соединений. При сварке корпуса котла применяются стыковые соединения. Опираясь на ГОСТ 8713-79, согласно толщине металла, было выбрано стыковое соединение С18. На рисунке 4 представлено соединение С18.

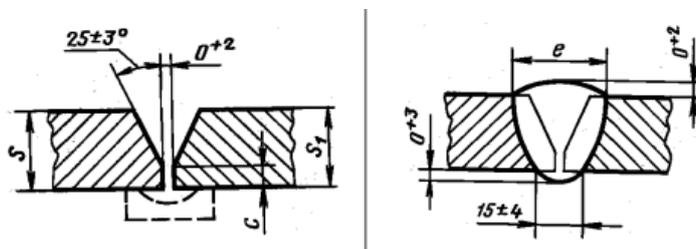


Рисунок 4 – Соединение С18

Основные сварочные параметры включают в себя: диаметр электрода, сварочный ток и напряжение, скорость подачи электродной проволоки.

Дополнительные параметры режима сварки включают в себя геометрию сопла сварочного горелки, толщину и форму слоя флюса, форму и величину продольного и поперечного движения сварочной головки.

При работе с источниками сварочного тока необходимо правильно выбрать режим сварки в зависимости от материала свариваемых деталей и типа электрода. Автоматическую сварку под слоем флюса проводят на постоянном токе обратной полярности.

Диаметр электродной проволоки влияет на ток сварки, скорость сварки, глубину проникновения, способность к заполнению промежутков между деталями и качество сварного соединения. Для толщины металла 12 мм сваркой под слоем флюса наиболее оптимальный диаметр электродной проволоки составляет 4мм. Плотность тока для данного диаметра электрода имеет значение  $j_I = 50 \dots 85 \text{ А/мм}^2$ .

Определим площадь наплавленного металла по формуле:

$$F_H = S \cdot b + (S - c)^2 \operatorname{tg} \alpha + 0,75(e \cdot g + e_1 \cdot g_1), \quad (3.1)$$

где  $S$  – толщина металла в мм;

$e, e_1$  – ширина шва;

$b$  – зазор между свариваемыми деталями;

$g, g_1$  –выпуклость сварного шва.

$$F_H = 12 \cdot 2 + (12 - 3)^2 \operatorname{tg} 25^\circ + 0,75(22 \cdot 2 + 15 \cdot 2) = 11,7 \text{ мм}^2 \quad (3.2)$$

Определим диаметр электродной проволоки по формуле:

$$d_э = K_d \cdot F_H, \quad (3.3)$$

где  $K_d$  – коэффициент, принимаемый значение 0,036...0,080

$$d_э = 0,036 \cdot 11,7 = 4 \text{ мм} \quad (3.4)$$

Определим значение сварочного тока по формуле:

$$I_{св} = \frac{\pi \cdot d_э^2 \cdot j_I}{4}, \quad (3.5)$$

где  $d_э$  – диаметр электрода в мм;

$j_I$  – плотность тока в А/мм<sup>2</sup>

$$I_{св} = \frac{3,14 \cdot 9 \cdot 80}{4} = 565 \text{ А}$$

Определим значение напряжения по формуле:

$$U_{д} = 20 + \frac{0,05 \cdot I_{св}}{\sqrt{d_э}}, \quad (3.6)$$

где  $d_э$  – диаметр электрода в мм;

$I_{св}$  – сварочный ток в А

$$U_{д} = 20 + \frac{0,05 \cdot 565}{\sqrt{3}} = 37 \text{ В}$$

Определим вылет электродной проволоки по формуле:

$$I_{в} = 10 \cdot d_э \mp 2 \cdot d_э = 40 \mp 8 = 32 \dots 48 \text{ мм} \quad (3.7)$$

Определим скорость подачи электрода по формуле:

$$V_э = \frac{4 \cdot a_p \cdot I_{св}}{\pi \cdot d_э^2 \cdot \rho}, \quad (3.8)$$

где  $-a_p = 10 \dots 12$  г/Ач коэффициент расплавления;  $\rho$  – плотность расплавленного металла, г/см<sup>3</sup>.

$$V_э = \frac{4 \cdot 10 \cdot 565}{3,14 \cdot 9 \cdot 7,8} = 103 \text{ м/ч} = 28,6 \text{ мм/с}$$

Определим скорость сварки по формуле:

$$V_{св} = \frac{a_n \cdot I_{св}}{100 \cdot F_{в} \cdot \rho}, \quad (3.9)$$

где  $-a_n = 0,02 \dots 0,03$  г/Ач коэффициент наплавленного металла;  
 $\rho$  – плотность наплавленного металла; г/см<sup>3</sup>,

$F_{в}$  – площадь поперечного сечения одного валика, принимаемая равным 0,3... 0,6 см<sup>2</sup>;

$$V_{св} = \frac{0,02 \cdot 565}{100 \cdot 0,3 \cdot 7,8} = 4,8 \text{ мм/с}$$

Определим погонную энергию по формуле:

$$q_H = \frac{I_{CB} \cdot U_D \cdot \eta}{V_{CB}}, \quad (3.10)$$

где  $\eta$  – эффективный КПД, при сварке под слоем флюса принимает значение 0,8... 0,9.

$$q_H = \frac{565 \cdot 37 \cdot 0,8}{0,8} = 20905 \text{ КДж/см}$$

Определим коэффициент формы проплавления по формуле:

$$\varphi_{пр} = \frac{d_э \cdot U_D}{I_{CB}} \cdot k(9 - 0,01 \cdot I_{CB}), \quad (3.11)$$

где  $k$  – коэффициент провара, который определяется по формуле:

$$k = 0,37 \cdot j_I^{0,19} \quad (3.12)$$

$$k = 0,37 \cdot 80^{0,19} = 0,85$$

$$\varphi_{пр} = \frac{3 \cdot 37}{565} \cdot 0,85(9 - 0,01 \cdot 565) = 2,23$$

Определим глубину провара по формуле:

$$h_p = 0,076 \cdot \sqrt{\frac{q_H}{\varphi_{пр}}} \quad (3.13)$$

$$h_p = 0,076 \cdot \sqrt{\frac{20905}{2,409}} = 7,8 \text{ мм}$$

Определим высоту валика шва по формуле:

$$f = \sqrt{F_H} \quad (3.14)$$

$$f = \sqrt{11,7} = 3,42 \text{ мм}$$

Определим объем наплавленного металла по формуле:

$$V_H = F_H \cdot f \quad (3.15)$$

$$V_H = 11,7 \cdot 3,42 = 40,1 \text{ мм}^3$$

Определим число проходов по формуле:

$$N = S / (T \cdot d_э), \quad (3.16)$$

где  $S$  – толщина свариваемого металла, в мм;  $T$  – ширина пробивки,

зависящая от диаметра электрода (для электрода диаметром 4 мм ширина пробивки будет составлять 1.5-2.5 мм);

$$N = 12 / (2 \cdot 4) = 2 \quad (3.17)$$

#### **4.1 Расчет прихваток**

Прихватки это небольшие участки шва, выполняемые при сборке обечаек, они позволяют удерживать детали между собой без смещения их при сварке, также сохраняют зазоры между деталями и увеличивают жесткость узла. Сварка обечаек без предварительных прихваток невозможна.

Прихватки выполняются длиной не менее 24-60мм, на расстоянии 120-480мм.

Количество прихваток для кольцевых швов длиной 50 мм на расстоянии 300мм составляет:

$$N_{\text{пр}} = 15 \text{ шт} \quad (3.18)$$

Количество прихваток для продольных швов длиной 30 мм на расстоянии 150мм составляет:

$$N_{\text{пр}} = 6 \text{ шт} \quad (3.19)$$

#### **4.2 Расчет длины швов**

При проектировании корпуса котла из обечаек в конструкции существуют 2 вида швов: продольный и поперечный (рисунок 5).

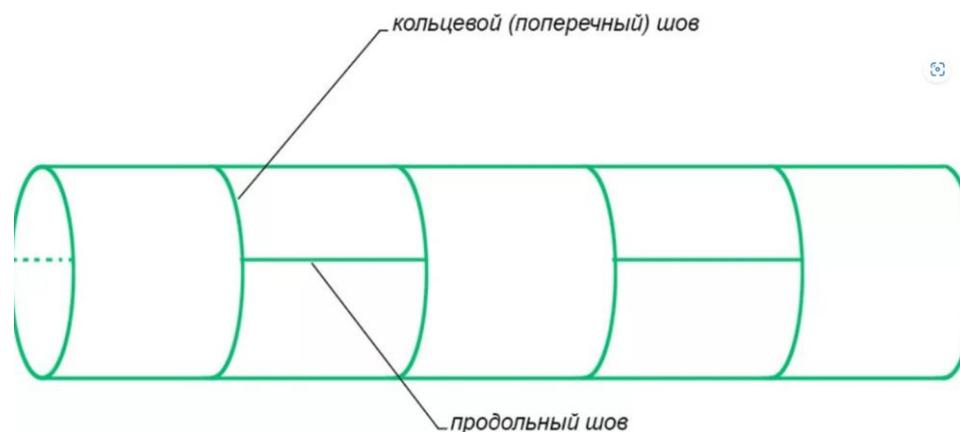


Рисунок 5 – Продольные и кольцевые швы обечайки

Количество продольных швов составляет 3 шт.

Длина продольных швов составляет 1166 мм.

Количество кольцевых швов составляет 4 шт.

Длина кольцевых швов составляет 5495мм.

### 4.3 Расчет времени сварки

Определим время сварки по формуле:

$$T_{св} = \frac{L}{V_{св}}, \quad (3.20)$$

где  $L$  – общая длина сварных швов в мм

Время сварки продольного шва:

$$T_{св} = \frac{1166}{4,8} = 4,05 \text{мин}$$

Время сварки кольцевого шва:

$$T_{св} = \frac{5495}{4,8} = 19,08 \text{мин}$$

Общее время сварки составляет:

$$T_{об} = 4,05 \cdot 2 \cdot 3 + 19,08 \cdot 2 \cdot 4 = 177 \text{мин} \quad (3.21)$$

#### 4.4 Расчет расхода сварочной проволоки и флюса

Определим расход электродной проволоки:

$$G_{\text{пр}} = K_{\text{пр}} \cdot (1 + \varphi) \cdot G_{\text{нм}} \quad (3.22)$$

где  $K_{\text{пр}}$  – потери на наладку ИП равен 1,03,

$\varphi$  – коэффициент потерь, при сварке под слоем флюса принимается равным 0,01,  $G_{\text{нм}}$  – масса наплавленного металла.

$$G_{\text{пр}} = 98 \text{ кг}$$

Определим расход сварочного флюса:

$$G_{\text{ф}} = K_{\text{рф}} \cdot G_{\text{пр}}, \quad (3.23)$$

где  $K_{\text{рф}}$  – коэффициент расхода флюса, равный 1,2.

$$G_{\text{ф}} = 1,2 \cdot 9,8 = 117,6 \text{ кг}$$

## **5 БОРЬБА СО СВАРОЧНЫМИ ДЕФОРМАЦИЯМИ, НАПРЯЖЕНИЯМИ И ДЕФЕКТАМИ**

### **5.1 Дефекты, возникающие при сварке**

#### **Непровар шва**

Непровар корня шва относится к наружным дефектам, и подразумевает под собой неполное проплавление стыка [11]. Частой причиной появления непроваров является неправильное определение сварных параметров (недостаточный ток или повышенная скорость сварки), а также смещение электрода, некачественная разделка кромок, недостаток тепла.

Недостаток тепла возникает при слабой сети, когда происходит колебание электрического напряжения. Напряжение до начала и в моменте сварке сильно разнится. До начала сварки напряжение значительно выше, как и ток, соответствующий этому напряжению. Перед началом сварки устанавливается ток, в соответствии с подобранным режимом, но после напряжение в сети падает и ток уменьшается, в результате происходит несоответствие режимов. В зону сварки попадает меньшее количество энергии, и происходит непровар. Такая же ситуация возникает при повышенной скорости сварки, в корень шва не поступает достаточное количество энергии, что приводит к дефекту, так как промежуток времени на прогрев недостаточен.

Важным фактором для получения правильного сварного шва является положение электрода, угол его наклона и подведение к шву. Положение электрода должно быть четко установлено по линии шва, отклонение его может привести к непровару одной из кромок. Для регулировки положения электрода в установке имеется лазерный датчик для слежения за сварным швом. Также установка имеет камеру слежения, которая позволяет контролировать процесс равномерной подачи флюса и отклонения электрода

от установленного положения.

Некачественная разделка кромок является одной из причин непровара. Необходимо, чтоб плоскости соединения кромок были параллельны, кромки должны быть зачищены от грязи и ржавчин.

### **Горячие трещины**

Горячие трещины при сварке – это нарушения целостности металла, которые образуются в результате неравномерного охлаждения сварного соединения [11]. Такие трещины могут привести к резкому снижению прочности сварного соединения, что повышает вероятность разрушения конструкции в целом. Они возникают вследствие межкристаллитных разрушений.

Причинами возникновения горячих трещин могут быть: наличие остаточных напряжений, неравномерное охлаждение шва, недостаточная предварительная обработка свариваемых деталей, нарушение технологий сварки.

Для предотвращения появления горячих трещин необходимо соблюдать следующие требования: правильно подготовить свариваемые детали, соблюдать технологию сварки, тщательно подготавливать корневую область, соблюдать ампераж, соблюдать температурный режим.

Единственным методом устранения горячих трещин является проварка металла, либо вырезание участка полностью.

### **Флюсовые включения**

Флюсовые включения образуются из-за флюса, который в процессе сварки не вступил в реакцию с расплавленным металлом и не всплыл на поверхности сварного шва [11]. Причиной появления данного дефекта является крупная грануляция флюса, высокая скорость сварки.

### **Нарушение формы сварного шва**

Нарушение формы сварного шва – это отклонение формы и геометрии шва от нормы. Такие дефекты снижают прочность сварного шва и ухудшают

его внешний вид [11]. Причинами их возникновения являются колебания напряжения, проскальзывание проволоки в роликах, неправильное положение электродной проволоки, неравномерная скорость сварки.

### **Шлаковые включения**

При сварке образуются шлаковые включения в следствие того, что шлак, который образуется при слиянии металла, остается в шве. Шлак является нежелательным включением и может существенно влиять на свойства шва. Он может привести к понижению прочности, увеличению толщины шва и отслоению металла [11].

Методы борьбы со шлаковыми включениями:

- уменьшение количества шлака. Это можно сделать путем использования качественных материалов и правильного выбора режимов сварки;
- удаление шлака. Шлак нужно удалить механически с помощью заточенной щетки;
- правильный подбор состава сварочной проволоки.

## **5.2 Сварочные деформации**

Сварочные деформации – это изменение формы металла под действием внутренних сил.

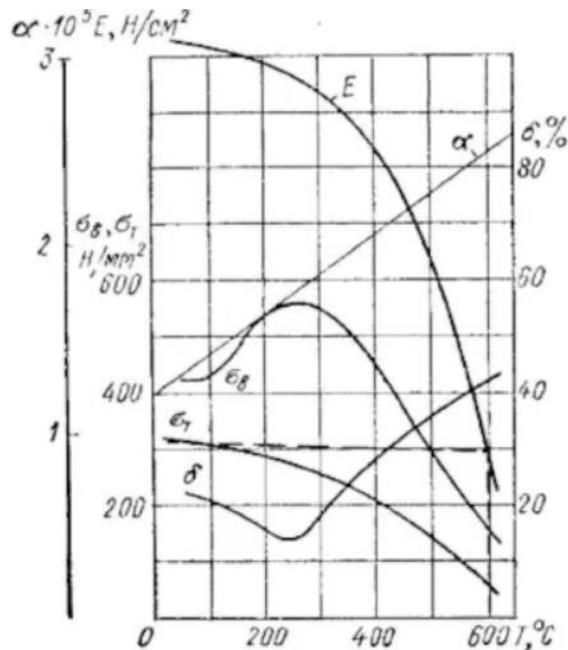
Сварочные напряжения – направленные на сварной шов механические воздействия.

Основные причины появления сварочных деформаций [3]:

- неравномерный нагрев сварочной зоны. Более холодный металл расширяется медленнее, чем горячий, из-за этого между слоями разной температуры концентрируется напряженность. Чем выше коэффициент теплового расширения, тем большее значение будет иметь напряженность;

– усадки. Усадки появляются при резком охлаждении жидкого металла и перехода его в твердое состояние. Создается внутренне напряжение из-за растягивания прилегающих участков.

На местах сварочных швов происходит значительное изменение температуры, повышение температуры приводит к изменению механических и физических свойств стали в околошовной зоне. Резкое изменения температур в зоне термического влияния приводит к возникновению внутренних напряжений. На рисунке 6 показано снижение относительного удлинения в интервале температур 100-350°C и повышение прочности стали. С повышением температуры коэффициент расширения возрастает, при этом модуль упругости падает. Структурные изменения, которые происходят в металле при изменениях температуры и приводят к возникновению напряжений.



$\alpha$  - коэффициент линейного теплового расширения;  $\delta_T$  – относительное удлинение;  $\sigma_n$  – предел прочности;  $\sigma_T$  - предел текучести;  $E$  – модуль упругости

Рисунок 6 – Изменение свойств низкоуглеродистой стали [12]

Для того, чтобы уменьшить перепад температур, необходимо выполнить предварительный подогрев при температурах 160-200°C. Для снятия напряжений, полученных в результате сварки, и улучшения механических свойств проводится термическая обработка изделия после сварки, выдержка при температурах 300+25°C в течении 1-2 часов [12].

Существует несколько способов для предотвращения появления сварочных деформаций [12]:

- предварительный нагрев металла перед сваркой;
- использование специальных сварочных держателей, которые позволяют фиксировать детали во время сварки (зажимы, прихватки);
- контролировать значение сварочного тока и напряжения, не превышая их установленные параметры;
- соблюдать необходимую последовательность выполнения сварного шва.

При сварке кольцевых и продольных швов обечаек возникает вероятность появления увода кромок. Увод кромок – это отклонение от круглости в результате деформации, возникающей в процессе сборки и сварки продольных и кольцевых швов обечайки (рисунок 7). Данный дефект может возникнуть из-за неправильной разделки кромок, неправильного расположения прихваток при сборке, а также при неправильной настройке оборудования.

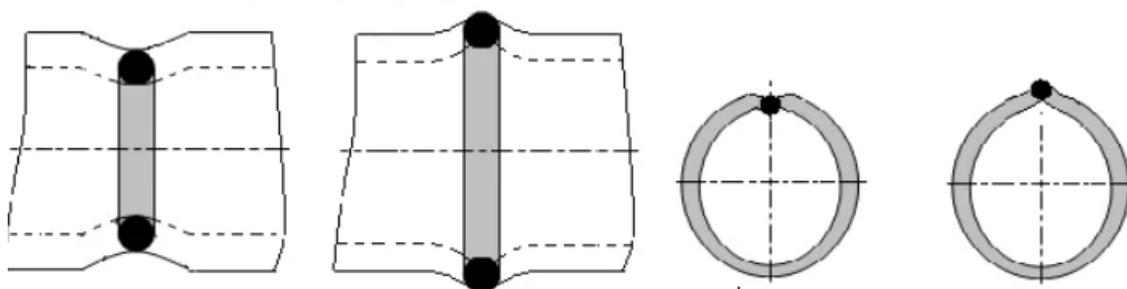


Рисунок 7 – Увод кромок кольцевых и продольных швов

Увод кромок, в стыковых сварных соединениях не должно превышать  $f=0,1S+3\text{мм}$  ( $S$  – толщина листа), но не более 5мм по ГОСТ Р 52630-2012. Увод кромок для продольных и кольцевых швов обечайки не должен превышать  $f=4,2\text{мм}$ . При превышении заданных значений увода кромок не допускается применять изделие в эксплуатацию.

## 6 МЕТОД КОНТРОЛЯ СВАРНЫХ ШВОВ

После выполнения сварочных операций обязательным этапом является контроль сварных соединений. На первом этапе проводится визуальный осмотр сварного соединения на наличие непровара, подрезов, правильной геометрии шва. ВИК (визуально-измерительный контроль) проводится в видимом спектре излучений, с внешней стороны сварного шва, с помощью измерительных приборов, лупы и используется только для поиска крупных дефектов, которые заметны человеческому глазу.

Для выявления внутренних дефектов сварных швов применяется метод ультразвукового контроля (УЗК), он является одним из методов неразрушающего контроля сварных швов [13]. Способ заключается в том, что ультразвуковая волна проникает в материал, проходя через сварной шов. В то же время, в случае обнаружения дефектов или несоответствий в металле, ультразвуковая волна отражается в противоположном направлении, устанавливая очевидный показатель наличия дефекта. Ультразвуковой контроль позволяет выявить различные типы дефектов, такие как трещины, пустоты, дефекты сварного шва и т.д. Процесс ультразвукового контроля осуществляется с помощью специальных устройств - дефектоскопов, которые записывают данные и выводят их на экран для анализа и интерпретации специалистом. Полученные данные позволяют определить качество сварных швов и принять решение о приемке сварного соединения в эксплуатацию или необходимости его доработки.

УРК является довольно надежным методом контроля, но требует высококвалифицированного оператора и специального оборудования. Также необходимо должным образом подготовить поверхность сварного шва перед проведением контроля. Для того чтобы результаты были точными и надежными, рекомендуется проводить контроль на каждом этапе сварочных работ.

## **7 ПРОЦЕСС ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОБЕЧАЕК**

Процесс изготовления обечаек является важным и ответственным этапом в производстве различных цилиндрических сосудов, котлов, труб. Обечайка изготавливается путем вальцовки листового материала и включает в себя несколько этапов.

### **7.1 Заготовительные операции**

Первый этап включает в себя заготовительные операции. На производство поступает листовый материал, на котором необходимо провести разметку, согласно карте эскизов ФЮРА 20190.001 (Приложение Б).

Далее производится резка металла. Заготовки вырезаются, выдерживая размеры, согласно карте эскизов ФЮРА 20190.001 (Приложение Б).

Для раскроя стальных листов используется специальное оборудование – гильотинные ножницы. Гильотинные ножницы – это инструмент для резки листового металла и других материалов, который использует принцип линейного среза. Для резки стали, особенно толстой стали, гильотина должна иметь достаточную мощность и прочность, чтобы обработать материал. Чтобы срезать толстые листы стали, гильотина должна быть оборудована сильным рычагом и мощным гидравлическим приводом для легкого прожигания сквозных отверстий в материале. Для получения лучшего качества среза гильотина должна быть установлена на плоской поверхности и привязана к фундаменту станка.

Заключительным этапом является процесс разделки и обработки кромок (рисунок 8). Разделка кромок представляет собой изменение геометрии кромки детали путем спиливания торца детали под необходимым углом, согласно ГОСТ 8713-79 [10].

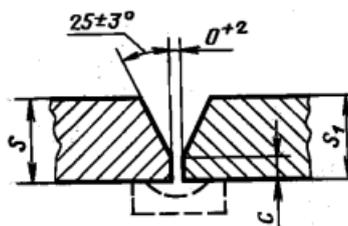


Рисунок 8 – Разделка кромок для соединения С18

Главной целью разделки кромок является обеспечения большего проплавления и снижения напряжения на шве, также обеспечивается равномерное заполнение сечения шва.

Перед разделкой заготовки очищаются от ржавчин и грязи. Разделка кромок производится УШМ, согласно установленным размерам.

## 7.2 Вальцовка

Вальцевание – это изменение формы листового материала по всей длине заготовки с помощью давления. Операция производится с помощью вальцовочного инструмента четырехвалковым станком. Листовой материал помещается между вальцами и происходит постепенное протягивание металла в движущихся валках, под воздействием давления металл медленно приобретает необходимую форму. На выходе материал приобретает цилиндрическую форму необходимого диаметра.

Преимущество вальцовки заключается в простоте обработки, сохранении свойств металла, равномерной деформации по всей длине листа, отсутствие трещин и других деформаций по внутренней поверхности металла [14].

## 8 АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ПРОИЗВОДСТВО

Одной из наиболее важных задач в процессе производства котлов для различных теплообменных систем является сварка обечаек. Обечайки играют фундаментальную роль в термическом проектировании котлов и должны обладать высокой прочностью и надежностью, чтобы выдерживать высокие давления и температуры.

На сегодняшний день все больше производителей приходят к выводу о том, что автоматизированная сварка обечаек является более эффективным и надежным решением, чем ручная сварка. Данный метод позволяет обеспечить более высокое качество сварных соединений, уменьшить затраты на производство и сократить время производственного цикла.

Одним из преимуществ автоматизированной сварки является возможность установки точных параметров сварки, которые определяются исходя из требований к изделию. Это позволяет достичь необходимой силы свариваемых соединений и предотвратить образование дефектов, таких как трещины и поры.

Кроме того, использование автоматизированных систем сварки обеспечивает более точное выполнение работ и уменьшает вероятность ошибок и дефектов. Системы контроля качества автоматически проверяют все сварные соединения на соответствие определенным стандартам, что позволяет обеспечивать высокий уровень качества продукции.

Подбор автоматизированного оборудования для сварки выбирается исходя из параметров, представленных в таблице 7 [15].

Таблица 7 – основные параметры, предъявляемые к сварочному оборудованию

Параметры	Значение
Наличие оборудования для сварки под слоем флюса	Да
Сварочный напряжение	От 20В
Сварочный ток	400 – 700А
Диаметр заготовки	500 – 3000 мм
Осуществление дистанционного управления	Да
Система слежения за швом	Да
Наличие саморегулирующихся роликовых вращателей	Да
Автоматическая подача флюса	Да
Грузоподъемность роликовых вращателей	Не менее 5 тонн

### **8.1 Автоматический комплекс сварки обечаек на базе колонны INCZ 4\*4, INTEGRAL**

Комплект автоматического оборудования включает в себя сварочную головку, систему автоматического подачи проволоки, устройство для подачи флюса и систему управления сварочным процессом [16]. Все компоненты оборудования соединены между собой гибкими шлангами и кабелями, что позволяет осуществлять сварочные работы на большом расстоянии от сварочной установки.

В комплект также входят специальные приспособления для установки сварочной головки на ёмкость и регулировки положения головки относительно свариваемой детали. Для повышения эффективности сварки предусмотрено использование системы автоматической регулировки сварочного тока, что позволяет обеспечивать стабильность сварочного

процесса и высокое качество сварных соединений. Сварочный комплекс обладает высокой производительностью и позволяет выполнить качественную сварку большого количества цилиндрических ёмкостей за короткий промежуток времени. Кроме того, сварочный комплекс обеспечивает высокую точность и повторяемость сварочных операций, что позволяет получать однородные и надежные сварные соединения без дефектов.

На рисунке 9 представлен автоматический комплекс сварки обечаек на базе колонны INCZ 4\*4, INTEGRAL

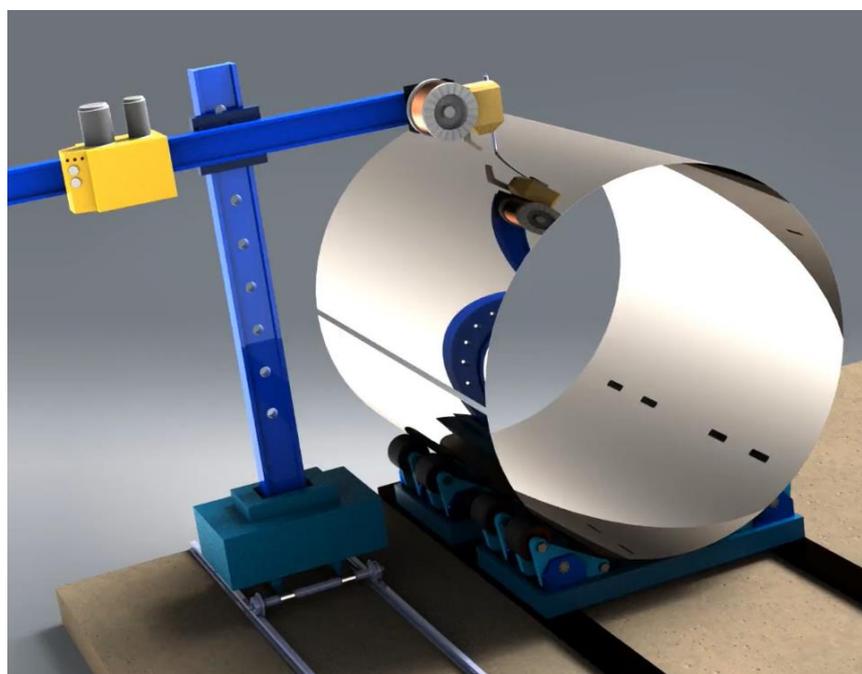


Рисунок 9 – Автоматический комплекс сварки обечаек на базе колонны INCZ 4\*4, INTEGRAL

### **8.1.1 Сварочная колонна INCZ 4×4, INTEGRAL**

Консоль оборудована механизмом выдвижения и подъема, что позволяет регулировать ее положение и обеспечивать оптимальный доступ к сварочному шву [16]. Также на консоли установлен механизм подачи

сварочного провода, который обеспечивает бесперебойную подачу сварочного материала в зону сварки (рисунок 10).

В колонне установлены двигатели, которые обеспечивают ее вращение и подъем консоли, а также регулирование скорости подачи сварочного провода. Все механизмы управления находятся на удобном пультовом столе, что позволяет оператору контролировать и регулировать процесс сварки.

Сварочная колонна с выдвижной подъемной консолью предназначена для сварки различных конструкций и деталей из стали, алюминия и других металлов. Она обеспечивает высокую точность и качество сварочных швов, а также повышает производительность процесса сварки благодаря автоматизации и регулированию всех параметров сварочного процесса.

Консоль имеет горизонтальное перемещение вдоль оси сварной шва, что позволяет обеспечить равномерность и точность сварки. Для этого к консоли крепится специальная рама с направляющими, по которым перемещается горизонтальный привод. Горизонтальный привод осуществляется с помощью зубчатого редуктора с электрическим двигателем переменного тока с инверторным частотным регулятором привода. Для обеспечения максимальной точности движения консоли по направляющим используются специальные линейные системы с ЧПУ.

Сварочная колонна с выдвижной подъемной консолью обладает высокой производительностью и точностью сварки. Она может осуществлять сварку различных видов металлоконструкций различной толщины. Эта конструкция является незаменимой при проведении автоматизированных производственных процессов в промышленности. Эта конструкция обеспечивает высокую точность и стабильность при сварке, что особенно важно при выполнении сложных операций, таких как сварка тонких и сложносклеиваемых материалов. Консоль можно легко устанавливать на различных рабочих поверхностях и подстраивать под нужный угол наклона благодаря регулируемым роликам. Благодаря приводу

с частотным регулятором можно легко управлять скоростью горизонтального перемещения, что позволяет адаптировать процесс сварки под различные материалы и толщину.

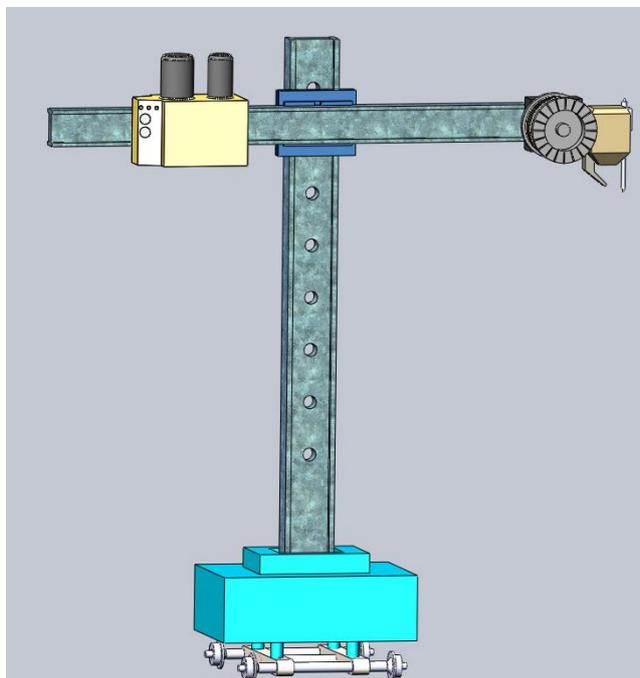


Рисунок 10 – Сварочная колонна INCZ 4\*4, INTAGRAL

Таблица 8 – Характеристики сварочной консоли [16]

Вертикальное перемещение консоли	4000 мм
Горизонтально перемещение консоли	4000 мм
Максимальная нагрузка на конце консоли	200 кг
Напряжение питания	380 В
Общая мощность	6,5 кВт
Скорость перемещения рельсовой тележки	2000 мм/мин
Скорость вертикального перемещения консоли	800 мм/мин
Скорость горизонтального перемещения консоли	150-2500 мм/мин

## 8.1.2 Автоматическая сварочная головка

Сварочная колонна оснащена автоматической головкой INMZ9 для дуговой сварки под слоем флюса (рисунок 11). Головка оснащена системой автоматического подачи флюса и обеспечивает сварку под углом от 5° до 45° [16]. На консоли также расположена система подачи проволоки.

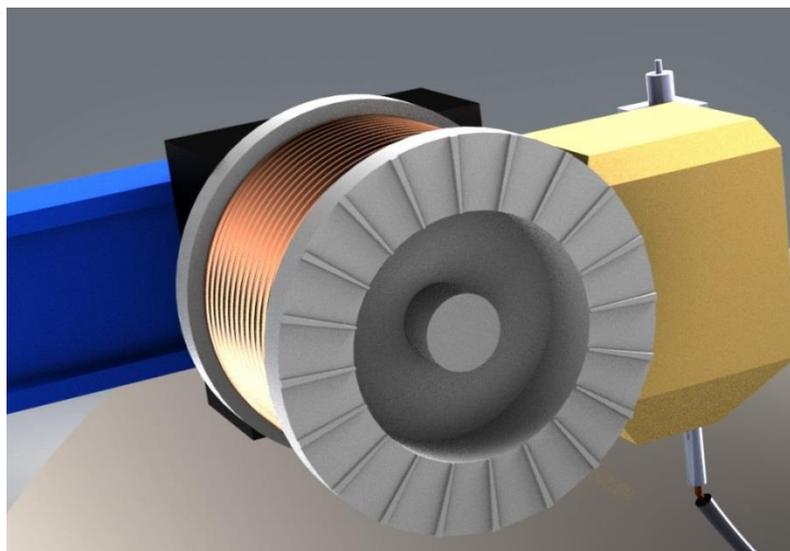


Рисунок 11 – Автоматическая сварочная головка INMZ9

Сварочная головка имеет систему слежения за швом (точный лазерный указатель), она обеспечивает постоянный вылет проволоки из токоведущего мундштука с максимальной точностью. Целеуказатель способен создавать световую точку диаметром не более 2 мм на расстоянии от 50 до 200 мм. Лазерный указатель проецирует точку определенного диаметра в реальном времени. Система управляет положением сварочной головки относительно стыка. Система слежения за швом состоит из: лазерного сканера, приемной камеры, крестового слайдера и системы управления. Видеокамера захватывает изображение сварного шва, а лазерный целеуказатель помогает оператору точно определить место измерения. С помощью этой системы можно контролировать глубину прожига сварного шва, ширину шва, наличие дефектов в шве и другие параметры, которые

должны соответствовать заданным требованиям.

Система подачи сварочной проволоки имеет механизм «Push-Pull». Push-Pull механизм — это принцип функционирования механизмов, который использует силы тяги и толкания для автоматической подачи сварочной проволоки в зону сварки. Данный механизм состоит из двух основных частей: толкателя и тягового механизма. Толкатель является устройством, которое выталкивает проволоку из катушки и направляет ее в тяговый механизм, который передает движение проволоке. Тяговой механизм обычно представляет собой две пары валов с натяжными роликами, между которыми проходит сварочная проволока. Ролики удерживают проволоку в нужном положении и передают на нее тягу, осуществляя регулируемую скорость подачи.

Для контроля наличия сварочной проволоки применяется индуктивный датчик наличия металла. Такой датчик предназначен для контроля перемещения проволоки без непосредственного контакта с ней (рисунок 12). Когда объект находится на таком расстоянии, когда электромагнитные линии не касаются его, то с датчика сигнал не снимается. Когда объект находится на таком расстоянии, когда электромагнитные линии касаются его поверхности, то в результате взаимодействия на выходе датчика появляется сигнал.



Рисунок 12 - Принцип работы индуктивного датчика наличия металла

Система автоматической сварочной головки облегчает процесс сварки и повышает качество продукции. Она позволяет сваривать детали с большей точностью и скоростью, а также уменьшает возможность ошибок, которые могут возникнуть при ручной сварке. Это делает процесс производства более эффективным и экономичным. В таблице 9 представлены технические характеристики сварочной головки.

Таблица 9 – Технические характеристики сварочной головки INMZ9 [16]

Мощность привода	110 В
Скорость подачи проволоки при вращении двигателя 14 об/мин	400-2000 мм/мин (для проволоки $\varnothing 3 - 5$ мм.)
Скорость подачи проволоки при вращении двигателя 47 об/мин	1350-6000 мм/мин (для проволоки $\varnothing 2 - 3,2$ мм.)

### 8.1.3 Автоматическая подача флюса

На сварочной консоли установлена система автоматической подачи флюса (рисунок 13). Она обеспечивает подачу, разогретого до нужной температуры, флюса в сварочную ванну и удаление остаточного флюса при помощи эжекционного сопла. Система состоит из резервуара с флюсом, насоса, системы трубопровода и нагнетательного устройства. При сварке флюс подается из резервуара в зону сварки через насос. Удаленный флюс попадает в рециркуляционный бункер, где очищается от шлаковых корок и восстанавливается для повторного использования. Работа рециркуляционного бункера происходит с использованием сжатого воздуха с давлением 6 бар.

Бункер для хранения флюса оснащен мембранным датчиком уровня. Мембранный сигнализатор уровня сыпучих материалов представляет собой

устройство, которое используется для контроля уровня флюса в резервуаре. Он состоит из механического датчика, установленного на мембранной оболочке и электронной платы, которая обрабатывает сигнал датчика. Когда уровень материала достигает определенного значения, то механический датчик на мембранной оболочке срабатывает и отправляет сигнал о наличии флюса на электронную плату. Когда уровень флюса становится минимальным и перестает взаимодействовать с мембранной оболочкой, посылается сигнал на плату об отсутствии в резервуар флюса.

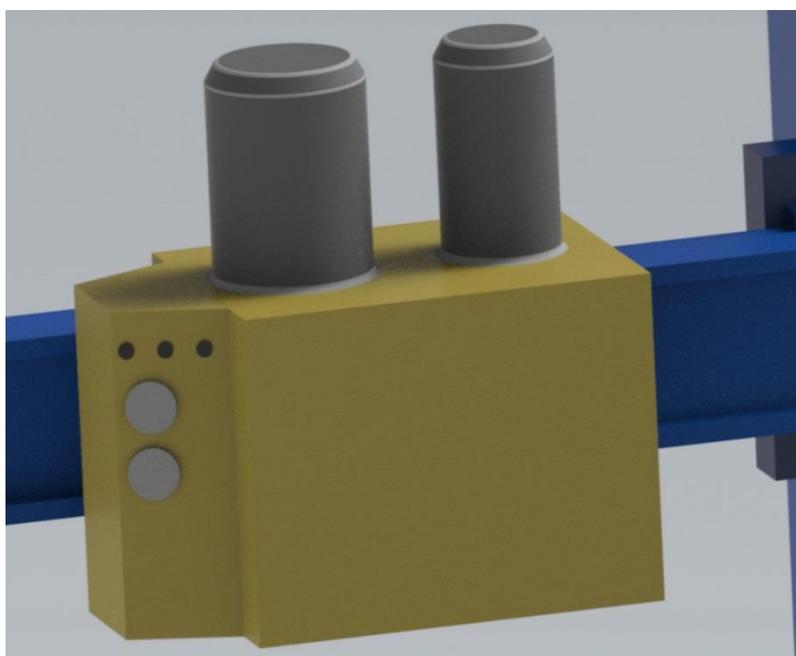


Рисунок 13 – Установка автоматической подачи флюса

В таблице 10 представлены технические характеристики системы подачи флюса.

Таблица 10 – Технические характеристики системы подачи флюса [16]

Емкость основного бункера	50 кг
Емкость малого бункера	6 кг
Напряжение питающей сети	380 В
Мощность двигателя насоса	3 кВт
Рабочее отрицательное давление	-0,02 Мпа

(всасывание)	
Скорость подачи флюса	2 – 20 кг/мин
Вес блока	150 кг

#### 8.1.4 Саморегулирующиеся роликовые вращатели

В установке используются роликовые вращатели типа серии INZT [16]. Сварочный вращатель предназначен для вращения цилиндрических изделий при автоматической сварке. Роликовый вращатель расположен на рельсовой тележке и расходитя под действием массы изделия, это является важным преимуществом, так как не нужно настраивать расположение роликов вручную.

Вращатель имеет несколько секций, которые могут быть приводными или холостыми. Приводные секции оснащены двигателем, через редуктор вращение подается на ролик. Приводная система имеет 2 двигателя переменного тока с редукторами и инверторным регулятором, который позволяет настраивать скорость вращения. Холостые ролики осуществляют роль опоры. Конструкция состоит из стальной рамы, на которой расположены поворотные косынки, благодаря поворотной системе косынки можно расположить в различных положениях, необходимых для выполнения сварочных работ (рисунок 14). Управление установкой осуществляется с помощью пульта управления оператора.

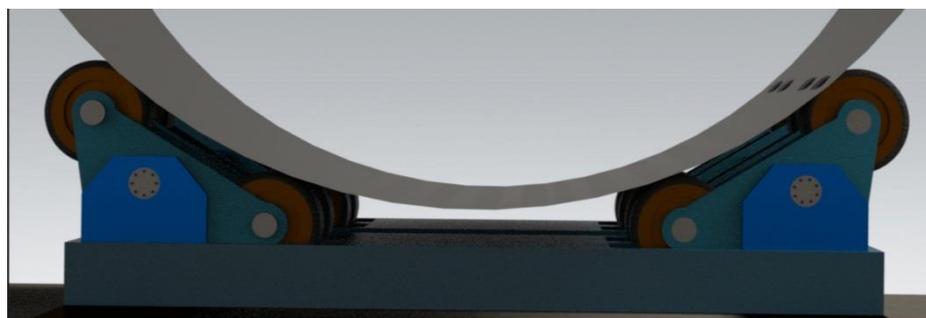


Рисунок 14 – Роликовые вращатели

В таблице 11 представлены технические свойства роликовых вращателей.

Таблица 11 – Технические характеристики роликовых вращателей [16].

Грузоподъемность	10Т
Диаметр заготовки	500 – 3300 мм
Скорость вращения	100 – 1000 мм/мин
Способ регулирования вращения	Частотный преобразователь
Мощность приводов вращения	2*0,37 кВт
Диаметр ролика, ширина	300*150 мм

### 8.1.5 Сварочный источник питания

В качестве источника питания используется многофункциональный источник питания INSAW-1000IGBT с цифровым управлением и плавной регулировкой тока. Схема подключения источника питания инверторная, на основе модулей IGBT [16]. Такая схема подключения позволяет снизить общие потери, также способна автоматически компенсировать колебания напряжения питания, обеспечивая стабильное горение дуги, улучшения качества сварных швов и повысить устойчивость и долговечность работы ИП.

В таблице 12 представлены технические характеристики источника питания

Таблица 12 – Технические характеристики источника питания [16]

Напряжение питания, В/Гц	$\sim 3 \times 380 \text{ В} \pm 10\% / 50 \text{ Гц}$
Номинальная потребляемая мощность, кВт-А	53
Номинальный потребляемый ток, А	80
Коэффициент мощности $\cos\varphi$	0,93

Эффективный КПД	0,88
Напряжение холостого хода, В	83
Ток холостого хода, А	1,0
Потери мощности без нагрузки, Вт	484
Диапазон сварочного тока, А	100 — 1000
Номинальное сварочное напряжение, В	44
Номинальный рабочий цикл (ПВ)	100%
Масса, кг	125
Размеры (длина, ширина, высота ), мм	780×390×800
Степень защиты	IP21S
Режим охлаждения	воздушное

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
1В91	Потапчук Анна Ивановна

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

<b>Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:</b>	
1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Оклад руководителя – 63000 руб. Оклад инженера – 24500 руб.
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	Премимальный коэффициент руководителя 30%; Премимальный коэффициент инженера 30%; Доплаты и надбавки руководителя 20-30%; Доплаты и надбавки руководителя 20-30%; Дополнительной заработной платы 12%; Накладные расходы 16%; Районный коэффициент 30%.
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	Коэффициент отчислений на уплату внебюджетные фонды 27 %
<b>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</b>	
1. <i>Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ</i>	Определение потенциального потребителя результатов исследования, SWOT-анализ разработанной стратегии
3. <i>Планирование процесса управления НТИ: график проведения, бюджет</i>	Формирование плана и графика разработки: - определение структуры работ; - определение трудоемкости работ; - разработка графика Ганта. Формирование бюджета затрат на научное исследование: - материальные затраты; - заработная плата (основная и дополнительная); - отчисления на социальные цели; - накладные расходы
4. <i>Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности</i>	Определение эффективности исследования
<b>Перечень графического материала</b>	

*Оценка конкурентоспособности технических решений*  
*Матрица SWOT*  
*Альтернативы проведения НИ*  
*График проведения и бюджет НИ*  
*Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ*

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Гасанов М.А.	д-р экон. наук		27.02.2021

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1В91	Потапчук А.И.		27.02.2021

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

Предметом исследования данной выпускной квалификационной работы является автоматизированная сборка и сварка корпуса котла парового отопления под слоем флюса.

Целью раздела «Финансовый менеджмент ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является исследование затрат и рентабельности производства корпусов для паровых котлов.

Для достижения данной цели поставлены следующие задачи:

- оценить перспективность разработки НИ;
- разработать планирование этапов выполнения проекта;
- рассчитать бюджет проектирования.

### **9.1 Потенциальные потребители результатов исследования**

Целевой рынок для паровых котлов включает в себя промышленные предприятия, тепловые электростанции, научные и исследовательские учреждения, а также отдельных потребителей, использующие паровые котлы для обогрева домов или зданий. Рынок котлов является очень конкурентным, и различные производители стратегически используют сегментирование рынка, чтобы эффективно конкурировать на рынке.

Сегментирование рынка является важным инструментом для оценки рыночной конкуренции и выбора стратегии бизнеса. Оно позволяет выделить различные группы потребителей с общими потребностями и характеристиками, что позволяет компаниям более эффективно маркетинговать свои товары и услуги.

Сегментировать производство корпусов котлов можно на 2 группы: область применения (промышленная, частная) и габаритные размеры

конструкций (рисунок 15).

		Область применения	
		Промышленная	Частная
Размер конструкции	Крупные		
	Средние		
	Малые		

крупные предприятия; средние предприятия

Рисунок 15 – Карта сегментирования рынка услуг по производству корпусов котла

## 9.2 Анализ конкурентных технических решений

Проведение анализа конкурентов позволяет определить сильные и слабые стороны текущих продуктов на рынке, выявить недостатки и проблемы, которые могут влиять на степень конкурентоспособности компании. Это помогает формировать стратегию развития, ориентированную на потребности рынка и наиболее выгодные рыночные сегменты. Также анализ конкурентов может раскрыть перспективы на внедрение новых технологий и инноваций в продукцию, разработку новых уникальных продуктов и улучшение уже существующих.

Анализ конкурентов проводят с помощью оценочной карты, которая приведена в таблице 13. В качестве конкурентных предприятий рассмотрены компании «Урал Пауэр» [17] и «Тепло» [18].

Таблица 13 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Бф	Бк1	Бк2	Кф	Кк1	Кк2
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Универсальность технологий	0,05	5	3	3	0,25	0,15	0,15
2. Надежность конструкции	0,35	4	3	4	1,4	1,05	1,4
3. Долговечность	0,3	4	4	5	1,2	1,2	1,5
4. Удобство эксплуатации	0,1	4	3	4	0,4	0,4	0,4
Экономические критерии оценки эффективности							
5. Стоимость	0,05	3	4	4	0,15	0,2	0,2
6. Конкурентоспособность	0,05	2	4	4	0,1	0,2	0,2
7. Предполагаемый срок эксплуатации	0,1	4	5	4	0,4	0,5	0,4
<b>Итого</b>	<b>1</b>	<b>26</b>	<b>26</b>	<b>28</b>	<b>5,19</b>	<b>3,7</b>	<b>4,25</b>

где Бф–продукт НИ;

Бк1– компания ООО «Урал Пауэр»;

Бк2– завод котельного оборудования «Тепло».

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum V_i \cdot B_i, \quad (8.1)$$

где К – конкурентоспособность вида;

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

$B_i$  – балл  $i$ -го показателя.

Опираясь на данное исследование, можно составить вывод о том, что котел парового отопления разработанный в ходе научного исследования может составить конкуренцию крупным энергопромышленным предприятиям.

### 9.3 SWOT – анализ

SWOT-анализ является средством, которое позволяет провести обзор ситуации в предприятии или организации [19]. Он используется для выявления сильных и слабых сторон предприятия, а также возможностей и угроз, которые могут повлиять на его деятельность. Применение SWOT-анализа позволяет компаниям выработать стратегии, основанные на достоинствах и преимуществах, а также на минимизации рисков и угроз. SWOT-анализ является универсальным инструментом, который может использоваться в любых отраслях и сферах деятельности, и помогает компаниям принимать взвешенные решения на основе объективной оценки своих возможностей и рисков. В таблице 14 приведена матрица SWOT-анализа.

Таблица 14 – Матрица SWOT анализа

Сильные стороны	Слабые стороны
С1. Автоматизированное производство; С2. Высокое качество продукции; С3. Высокая производительность; С4. Безопасность; С5. Наличие квалифицированного рабочего персонала;	Сл1. Высокая стоимость оборудования; Сл2. Ошибки программирования процесса сварки; Сл3. Необходимость постоянного обслуживания установок; Сл4. Сложная настройка оборудования.
Возможности во внешней среде	Угрозы внешней среды
В1. Минимизация ручного труда; В2. Повышение качества сварных соединений; В3. Увеличение производительности; В4. Сохранение используемых ресурсов;	У1. Расходы на обновление оборудования и ПО; У2. Ограничение технологий и материалов; У3. Ошибки при составлении технологических документаций, неправильная проектирование; У2. Рост цен на сырье.

Далее необходимо выявить соответствие сильных и слабых сторон проекта. Данное исследование поможет выявить необходимость в реализации проекта.

В таблице 15 представлена интерактивная матрица сильных и слабых сторон и возможностей

Таблица 15 – Интерактивная матрица сильных и слабых сторон и возможностей

	Сильные стороны					Слабые стороны				
		C1	C2	C3	C4	C5	Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
Возможности проекта	B1	+	0	+	-	-	+	0	0	-
	B2	+	+	+	+	+	+	+	0	-
	B3	+	0	+	0	+	+	0	+	+
	B4	+	0	+	0	0	-	-	-	-

В таблице 16 представлена интерактивная матрица сильных сторон и слабых сторон и угроз

Таблица 16 – Интерактивная матрица сильных сторон и слабых сторон и угроз

		C1	C2	C3	C4	C5	Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
	Угрозы проекта	У1	+	0	+	0	+	+	+	+
У2		+	+	+	+	+	+	0	+	+
У3		+	0	+	0	+	-	+	0	+
У4		+	0	+	0	0	-	-	-	-

Следующим этапом составлена итоговая матрица SWOT-анализа, которая представлена в таблице 17.

Таблица 17 - Итоговая матрица SWOT-анализа

	<p><b>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</b>  С1. Автоматизированное производство;  С2. Высокое качество продукции;  С3. Высокая производительность;  С4. Безопасность;  С5. Наличие квалифицированного рабочего персонала;</p>	<p><b>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</b>  Сл1. Высокая стоимость оборудования;  Сл2. Ошибки программирования процесса сварки;  Сл3. Необходимость постоянного обслуживания установок;  Сл4. Сложная настройка оборудования.</p>
<p><b>Возможности:</b>  В1. Минимизация ручного труда;  В2. Повышение качества сварных соединений;  В3. Увеличение производительности;  В4. Сохранение используемых ресурсов;</p>	<p>Увеличение производительности процесса за счет автоматизированного производства, также улучшение качества сварных соединений</p>	<p>Требуется привлечение квалифицированного персонала и постоянное обучение.</p>
<p><b>Угрозы:</b>  У1. Расходы на обновление оборудования и ПО;  У2. Ограничение технологий и материалов;  У3. Ошибки при составлении технологических документаций, неправильная проектирование;  У2. Рост цен на сырье.</p>	<p>Необходимость в создании автоматизированного производства заключается в том, чтобы минимизировать угрозы и улучшить сильные стороны</p>	<p>Высокая стоимость оборудования является основной угрозой при реализации проекта.</p>

## 9.4 Планирование работ по научно-техническому исследованию

### 9.4.1 Структура работ в рамках научного исследования

В данной части необходимо провести планирование этапов работы, распределение обязанностей участников, а также сроки выполнения каждого этапа. В таблице 18 представлены этапы работы и распределение исполнителей по этапам работ.

Таблица 18 – Перечень этапов работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ работы	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель
	2	Составление календарного плана	Руководитель
Выбор направления исследований	3	Выбор направления исследований	Руководитель
	4	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Составление теоритической части работыи расчетов	Инженер
	6	Подбор нормативных документов	Инженер, руководитель
Обобщение и оценка результатов	7	Оценка эффективности полученных результатов	Инженер
	8	Определение целесообразности проведения ОКР	Руководитель, инженер
Разработка технической документации и проектирование	9	Разработка чертежной документации	Инженер
	10	Составление технологической карты	Инженер
Оформление отчета по НИР	11	Согласование и проверка работ с научным руководителем	Руководитель, инженер

#### 9.4.2 Определение трудоемкости выполнения работ

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

$$t_{ож\ i} = \frac{3t_{\min\ i} + 2t_{\max\ i}}{5}, \quad (8.2)$$

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

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

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

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

$$T_{pi} = \frac{t_{ож\ i}}{Ч_i}, \quad (8.3)$$

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

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

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

### 9.4.3 Разработка графика проведения научного исследования

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:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (8.4)$$

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:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - (T_{\text{вых}} + T_{\text{пр}})}, \quad (8.5)$$

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:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - (T_{\text{вых}} + T_{\text{пр}})} = \frac{365}{365 - 118} = 1,48 \quad (8.6)$$

В таблице 19 приведены временные показатели проведения научного исследования. В таблице 20 представлен календарный план-график проведения научного исследования.

Таблица 19 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоёмкость работ									Исполнители	Длительность работ в рабочих днях $T_{pi}$			Длительность работ в календарных днях $T_{ki}$		
	$T_{min}$ , чел–дни			$T_{max}$ , чел–дни			$T_{ожи}$ , чел– дни				Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3							
Составление и утверждение технического задания	1	1	1	3	3	3	1,8	1,8	1,8	Руководитель	2	2	2	3	3	3
Составление календарного плана	1	1	1	3	3	3	1,8	1,8	1,8	Руководитель	2	2	2	3	3	3
Выбор направления исследований	1	2	2	3	4	4	1,4	2,8	2,8	Руководитель, инженер	1	2	2	2	3	3
Подбор и изучение материалов по теме	7	7	7	10	10	10	9,8	9,8	9,8	Инженер	10	10	10	15	15	15
Составление теоритической части работы и расчетов	10	10	10	15	15	15	12	12	12	Инженер	12	12	12	18	18	18

Продолжение таблицы 19

Подбор нормативных документов	5	6	6	8	9	9	6,2	7,2	7,2	Инженер,руководитель	3	4	4	5	6	6
Оценка эффективности полученных результатов	1	2	2	2	3	3	1,4	3	3	Инженер	2	3	4	3	5	5
Определение целесообразности и проведения ОКР	1	1	1	4	5	4	2,2	2,2	2,2	Руководитель, инженер	2	2	2	3	3	3
Разработка чертежной документации	5	5	5	8	8	8	6,2	6,2	6,2	Инженер	7	7	7	10	10	10
Составление технологической карты	9	9	9	16	16	16	12	12	12	Инженер	12	12	12	18	18	18
Согласование и проверка работ с научным руководителем	2	1	2	5	3	4	3	2	2	Руководитель, инженер	2	1	2	3	1	3

Таблица 20 – Календарный план-график проведения научного исследования

№ ра- Бо т	Вид работ	Испол- нители	T <sub>ki</sub> , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ												
				февраль		март			апрель			май				
				2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3		
1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель	3	■												
2	Составление календарного плана	Руководитель	3	■												
3	Выбор направления исследований	Руководитель, инженер	3		■	■										
4	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер	15		■	■	■									
5	Составление теоритической части работы и расчетов	Инженер	18				■	■	■							
6	Подбор нормативных документов	Инженер, руководитель	6							■	■					
7	Оценка эффективности полученных результатов	Инженер	5								■	■				
8	Определение целесообразности проведения ОКР	Руководитель, инженер	3								■	■				
9	Разработка чертежной документации	Инженер	10									■	■			
10	Составление технологической карты	Инженер	18										■	■	■	
11	Согласование и проверка работ с научным руководителем	Руководитель, инженер	3												■	■

■ – научный руководитель; ■ – студент.

## 9.5 Бюджет научно-технического исследования

При планировании бюджета обеспечивается полное отражение всех видов расходов. В процессе планирования исследуются следующие группировки затрат по статьям:

- материальные затраты;
- расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления) ;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- накладные расходы;
- формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта.

### 9.5.1 Расчет материальных затрат

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

Расчет материальных затрат осуществляется по формуле:

$$Z_M = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расхi} , \quad (8.7)$$

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.

В таблице 21 приведены материальные затраты.

Таблица 21– 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
Бумага	Лист	100	100	100	3	3	3	435	435	435
Картридж для принтера	Шт.	1	1	1	5	5	5	8,75	8,75	8,75
Интернет	М/бит	1	1	1	350	350	350	350	350	350
Сварочная проволока	Кг	37	37	37	76	76	76	34868	34868	34868
Сварочный флюс	Кг	10	10	10	200	200	200	62000	62000	62000
Сталь 20К (12*1200*5500)	Шт	3	3	3	4000	4000	4000	12000	12000	12000
Итого, руб.								21766	21766	109
								2	2	661

### 9.5.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных работ

В данную статью включают все затраты, связанные с приобретением специального оборудования, необходимого для проведения работ по конкретной теме. 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 22.

Таблица 22 – Расчет затрат

Наименование	Единица измерения	Количество			Цена за ед., тыс. руб.	Затраты на материалы, (ЗМ), тыс. руб.		
		Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3		Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
Персональный компьютер	Шт.	1	1	1	60	69	69	69
Сварочная колонная INCZ, INTEGRAL	Шт.	1	1	1	4235,19	4870,46	4870,46	4870,46
Принтер	Шт.	1	1	1	10	11,5	11,5	11,5
фаскосним атель GTW-2100	Шт.	1	1	1	120	138	138	138
Итого:						5088,96	5088,96	5088,96

### 9.5.3 Основная заработная плата исполнителя темы

В настоящую статью включается основная заработная плата и премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20-30 % от тарифа или оклада. Расчет основной заработной платы приводится в таблице 22.

Таблица 23 – Расчет основной заработной платы

№п/п	Наименование этапов	Исполнители по категориям	Трудоемкость, чел.-дн.			Заработная плата, приходящаяся на один чел.-дн.			Всего заработная плата по тарифу (окладам), тыс. руб.		
			Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель	2	2	2	3,5			7,8	7,8	7,8

2	Составление календарного плана	Руководитель	2	2	2	3,5	7,8	7,8	7,8
3	Выбор направления исследований	Руководитель, инженер	1	2	2	4,2	4,75	9,5	9,5
4	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер	10	10	10	0,7	8,4	8,4	8,4
5	Составление теоритической части работыи расчетов	Инженер	12	12	12	0,7	10,1	10,1	10,1
6	Подбор нормативных документов	Инженер,руководитель	6	7	7	4,2	28,5	33,2	33,2
7	Оценка эффективности полученных результатов	Инженер	1	3	3	0,7	0,84	2,52	2,52
8	Определение целесообразности проведения ОКР	Руководитель, инженер	2	2	2	4,2	9,5	9,5	9,5
9	Разработка чертежной документации	Инженер	6	6	6	0,7	5,04	5,04	5,04
10	Составление технологической карты	Инженер	12	12	12	0,7	10,1	10,1	10,1
11	Согласование и проверка работ с научным руководителем	Руководитель, инженер	3	2	2	4,2	14,2	5	1,7
Итого							107,08	105,71	105,71

Основная заработная плата руководителя рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_p \quad (8.8)$$

где  $Z_{\text{осн}}$ — основная заработная плата одного работника;

$T_p$  – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн. (Рабочее время для руководителя составляет:  $T_p = 16$  дней. Рабочее время для инженера составляет:  $T_p = 52$  дня) ;

Рабочее время для руководителя составляет:  $T_p = 16$  дней.

Рабочее время для инженера составляет:  $T_p = 52$  дня.

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d}, \quad (8.9)$$

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.

Среднедневная заработная плата руководителя составит 2550 руб.

Среднедневная заработная плата инженера составит 1089 руб.

В таблице 23 приведен расчет баланса рабочего времени в течении года

Таблица 24 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней - выходные дни - праздничные дни	118	118
Потери рабочего времени - отпуск - невыходы по болезни	28 0	72 0

Действительный годовой фонд рабочего времени	219	175
--	-----	-----

Месячный должностной оклад работника (руководителя):

$$Z_m = Z_{тс} \cdot (1 + k_{пр} + k_d) \cdot k_p \quad (8.10)$$

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).

Тогда месячный оклад научного руководителя составит 63 000 руб., а инженера 24 500 руб.

Основная заработная плата руководителя составит:

$$Z_{осн} = 2550 \cdot 16 = 40800 \text{ руб}$$

Основная заработная плата инженера составит:

$$Z_{осн} = 1089 \cdot 52 = 56628 \text{ руб}$$

Расчет основной заработной платы представлен в таблице 24.

Таблица 25 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	Разряд	$k_T$	$Z_{тс}$ , руб.	$k_{пр}$	$k_d$	$k_p$	$Z_m$ , руб.	$Z_{дн}$ , руб.	$T_p$ , раб. дн.	$Z_{осн}$ , руб.
Научный руководитель	Кандидат технических наук	1,8	33420	0,2	0,3	1,3	63000	2550	16	40800
Студент	Инженер	1,4	18850	0	0	1,3	24500	1089	52	56628
Итого										97428

#### 9.5.4 Дополнительная заработная плата

Расчет дополнительной заработной платы исполнителя ведется

последующей формулой:

$$Z_{\text{доп}} = Z_{\text{осн}} \cdot K_{\text{доп}} \quad (8.11)$$

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

Таким образом, заработная плата руководителя равна 4896 рублей, инженера – 6796,36 рублей.

### 9.5.5 Отчисления во внебюджетные фонды

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется по формуле:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) \quad (8.12)$$

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 N 212-ФЗ (ред. от 19.12.2016, с изм. от 31.10.2019) составляет 27,1%.

Отчисления во внебюджетные фонды представлены в таблице 25.

Таблица 26 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, тыс.руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Руководитель проекта	40800	4896
Студент	56628	6796,37
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,271	
Итого	29571,62	

### 9.5.6 Накладные расходы

Накладные расходы определяются по формуле:

$$Z_{\text{накл}} = (Z_{\text{м}} + Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}} + Z_{\text{внеб}}) \cdot k_{\text{нр}} \quad (8.13)$$

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

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

Накладные расходы для исполнения составили:

$$Z_{\text{накл}} = (217662 + (40800 + 4896) + (56628 + 6796,37) + 29571,62 +) \cdot 0,16 = 57016 \text{ руб.}$$

Накладные расходы для исполнения 2 составили:

$$Z_{\text{накл}} = (217662 + (40800 + 4896) + (56628 + 6796,37) + 29571,62) \cdot 0,16 = 57016 \text{ руб.}$$

Накладные расходы для исполнения 3 составили:

$$Z_{\text{накл}} = (109661 + (40800 + 4896) + (56628 + 6796,37) + 29571,62) \cdot 0,16 = 39736,47 \text{ руб.}$$

### 9.5.7 Формирование бюджета затрат проекта

Рассчитанная величина затрат научно–исследовательской работы является основой для формирования бюджета затрат проекта. Определение бюджета затрат на научно–исследовательский проект приведено в таблице 26.

Таблица 27 –Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.			Примечание
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	
1.Материальные затраты НТИ	217662	217662	109661	Пункт 1.5.1

2. Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	5088960	5088960	5088960	Пункт 1.5.2
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	97428	97428	97428	Пункт 1.5.3
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	11692,37	11692,37	11692,37	Пункт 1.5.4
5. Отчисления во внебюджетные фонды	29571,62	29571,62	29571,62	Пункт 1.5.5
8. Накладные расходы	57016	57016	39736,47	Пункт 1.5.6
9. Бюджет затрат проекта	5502330	5502330	5835735	

## 9.6 Определение ресурсной, 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:

$$I_{\text{фин.р}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}} \quad (8.14)$$

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.

$$I_{\text{фин.р}}^{\text{исп.}1} = \frac{5502330}{5835735} = 0,943;$$

$$I_{\text{фин.р}}^{\text{исп2}} = \frac{5502330}{5835735} = 0,943;$$

$$I_{\text{фин.р}}^{\text{исп3}} = \frac{5835735}{5835735} = 1$$

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

$$I_{pi} = \sum_{i=1}^n a_i \cdot b_i \quad (8.15)$$

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.

В таблице 27 приведена сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Таблица 28 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Объект исследования	Весовой коэффициент параметра	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1. Способствует росту производительности труда пользователя	0,1	5	4	3
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,15	5	4	4
3. Помехоустойчивость	0,15	5	3	4
4. Энергосбережение	0,15	4	5	5

5. Надежность	0,3	5	4	4
6. Материалоемкость	0,15	5	4	3
Итого	1	4,85	4	3,9

$$I_{p-исп1} = 0,1 \cdot 5 + 0,15 \cdot 5 + 0,15 \cdot 5 + 0,15 \cdot 4 + 0,3 \cdot 5 + 0,15 \cdot 5 = 4,85;$$

$$I_{p-исп2} = 0,1 \cdot 4 + 0,15 \cdot 4 + 0,15 \cdot 3 + 0,15 \cdot 5 + 0,3 \cdot 4 + 0,15 \cdot 4 = 4;$$

$$I_{p-исп3} = 0,1 \cdot 3 + 0,15 \cdot 4 + 0,15 \cdot 4 + 0,15 \cdot 5 + 0,3 \cdot 4 + 0,15 \cdot 3 = 3,9.$$

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

$$I_{исп1} = \frac{I_{p-исп1}}{I_{фин.р}^{исп1}} = \frac{4,85}{0,943} = 5,14;$$

$$I_{исп2} = \frac{I_{p-исп2}}{I_{фин.р}^{исп2}} = \frac{4}{0,943} = 4,24;$$

$$I_{исп3} = \frac{I_{p-исп3}}{I_{фин.р}^{исп3}} = \frac{3,9}{1} = 3,9.$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных (Таблица 28)

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

$$\mathcal{E}_{ср} = \frac{I_{исп2}}{I_{исп1}} \quad (8.16)$$

Таблица 29 – Сравнительная эффективность разработки

№	Показатели	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,943	0,943	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,85	4	3,9
3	Интегральный показатель эффективности	5,14	4,24	3,9
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,82	0,76

## **Вывод по разделу финансовый менеджмент**

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. В дальнейшем развитии исследовательской работы необходимо уделить большее внимание оптимизации процесса сборки и сварки.

Были проанализированы основные риски и способы их минимизации при реализации данного проекта. Было выявлено, что главными факторами, влияющими на ресурсоэффективность проекта, являются правильный выбор материалов, оптимальная технология сборки и сварки, а также квалификация рабочих.

В целом, результаты анализа ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяют уверенно говорить о том, что разработка технологии автоматизированной сборки и сварки корпуса котла парового отопления имеет высокий потенциал в плане финансовой и ресурсной эффективности. Это проект, который может внести значительный вклад в улучшение ресурсоэффективности в производстве металлоизделий и повысить конкурентоспособность.

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

<b>Группа</b> 1В91		<b>ФИО</b> Потапчук Анна Ивановна	
<b>Школа</b>	<b>ИШНКБ</b>	<b>Отделение (НОЦ)</b>	<b>ОЭИ</b>
<b>Уровень образования</b>	Бакалавриат	<b>Направление/специальность</b>	15.03.04«Автоматизация технологических процессов и производств»

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

#### Введение

Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика) и области его применения. Описание рабочей зоны (рабочего места) при разработке проектного решения

*Объект исследования:* Корпус котла парового отопления  
*Область применения:* Энергетическая промышленность  
*Рабочая зона:* Производственное помещение  
*Размеры помещения (климатическая зона\*):* 15\*20м и более  
*Количество и наименование оборудования рабочей зоны:* гильотинные ножницы, вальцовочный станок, роботизированный сварочный стенд, сварочный источник питания, приспособления для сварки под слоем флюса  
*Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне:* сбор и хранение сжатого воздуха, контроль давления

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

#### 1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при разработке проектного решения:

специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.

ГОСТ Р 51337-99. Безопасность машин. Температуры касаемых поверхностей.  
 ГОСТ 12.0.003-2015. Опасные и вредные производственные факторы.  
 ГОСТ 28193-89. Котлы паровые стационарные.  
 РД 24.200.11-90. Сосуды и аппараты, работающие под давлением.  
 Р2.2.2006-05. Гигиена труда. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда.  
 ТК РФ Статья 221. Обеспечение работников средствами индивидуальной защиты.

#### 2. Производственная безопасность при разработке проектного решения:

анализ выявленных вредных и опасных производственных факторов

#### Опасные факторы:

Опасные и вредные производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой или низкой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги (обморожения) тканей организма человека. Движущиеся (в том числе разлетающиеся) твердые, жидкие или газообразные объекты, наносящие удар по телу работающего (в том числе движущиеся машины и механизмы); подвижные части производственного оборудования; передвигающиеся изделия, заготовки, материалы. Опасные и вредные производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий, включая действие молнии и высоковольтного разряда в виде дуги, а также электрического разряда живых организмов. Неподвижные режущие, колющие, обдирающие,

	<p>разрывающие (например, острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования) части твердых объектов, воздействующие на работающего при соприкосновении с ним.</p> <p><b>Вредные факторы:</b> Отсутствие или недостаток необходимого естественного освещения. Выделение вредных веществ при выполнении сварочных работ.</p> <p><b>Требуемые средства коллективной и индивидуальной защиты от выявленных факторов:</b> Средства для вентиляции и очистки воздуха. Знаки безопасности, изолирующий костюм, рукавицы, противопыльные вкладыши или наушники, сварочная маска, очки защитные, респираторы, виброизолирующая обувь.</p>
<b>3. Экологическая безопасность при разработке проектного решения</b>	<p>Воздействие на селитебную зону: СЗЗ не требуется</p> <p>Воздействие на литосферу: металлические отходы, утилизация изношенных СИЗ</p> <p>Воздействие на гидросферу: отходы эксплуатационных жидкостей, отходы продуктов жизнедеятельности персонала</p> <p>Воздействие на атмосферу: выброс эксплуатационных газов, выбросы сварочного аэрозоля</p>
<b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при разработке проектного решения</b>	<p><b>Возможные ЧС:</b> взрыв котла при эксплуатации, обрушение здания, пожар при неправильном эксплуатировании сварочного оборудования</p> <p><i>Наиболее типичная ЧС:</i> взрыв сосудов, работающих под давлением</p>

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

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1В91	Потапчук Анна Ивановна		

## 10 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

Важной составляющей социальной ответственности является экологическая безопасность. Каждое производство, в том числе и производство паровых котлов, должно быть оснащено необходимыми системами очистки выбросов и отходов. Эти системы должны соответствовать санитарным нормам и правилам, и гарантировать максимально возможное снижение вредных воздействий на окружающую среду.

Также, особое внимание нужно уделить безопасности в чрезвычайных ситуациях на производстве. Каждый работник должен знать правила поведения в экстремальных ситуациях и оборудование должно быть оснащено аварийными выключателями, эвакуационными выходами и другими необходимыми средствами, которые обеспечат безопасность каждого работника в случае возникновения чрезвычайной ситуации.

Организационные и правовые вопросы обеспечения безопасности, производственная и экологическая безопасность и безопасность в чрезвычайных ситуациях являются обязательными требованиями для производства паровых котлов и любой другой промышленной продукции. Необходимо придерживаться этих требований для благополучной работы организации и сохранения здоровья и безопасности работников и окружающей среды.

В качестве рабочей зоны выступает производственное помещение, размер помещения 15\*20 м. В зоне рабочего помещения устанавливается сварочное оборудование (сварочная колонна, роликовые вращатели, источник питания, автоматизированная система слежения за производственным процессом), гильотинные ножницы, вальцовочный станок и ограждение для сварочной ячейки. Рабочие процессы, связанные с объектом исследования (паровой котел) – сбор и хранение сжатого воздуха,

контроль давления.

В процессе производства используются следующие операции:

- резка металла, согласно необходимым размерам;
- зачистка металла от пыли и грязи;
- вальцовка листового материала;
- сборка установки;
- сварка;
- контроль качества сварного соединения.

## **10.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности**

### **10.1.1 Правовые нормы трудового законодательства**

Трудовой кодекс РФ является одним из основных инструментов защиты прав и свобод работников, а также борьбы с нарушениями трудового законодательства со стороны работодателей [20].

Согласно ТК РФ, работодатель обязан обеспечить безопасные и здоровые условия труда, ежедневный отдых и оплачиваемый установленный отпуск, своевременную заработную плату и социальную защиту рабочих. Рабочий, в свою очередь, должен соблюдать обязанности, прописанный в трудовом договоре, такие, как: бережное отношение к имуществу предприятия, соблюдение трудовых норм, вовремя информировать руководство о возникновении опасных ситуаций на рабочем месте.

При приеме на работу, по соглашению сторон, может быть предусмотрено испытание работника в целях проверки его соответствия поручаемой работе (Статья 70 ТК РФ). Работник имеет полное право на защиту и неразглашение личных данных третьим лицам (Глава 14 ТК РФ). Рабочее время сотрудника не должно превышать 40 часов в неделю (Статья 91 ТК РФ), также всем сотрудникам предоставляется перерыв на обед и отдых (Глава 18 ТК РФ). Работодатель обязан обеспечить своевременную выплату заработной платы в полном объеме. [Раздел VI ТК РФ].

## **10.1.2 Эргономические требования к правильному расположению и компоновке рабочей зоны**

Согласно приказу Министерства труда и социальной защиты РФ от 11 декабря 2020 г. № 884н «Об утверждении Правил по охране труда при выполнении электросварочных и газосварочных работ», устанавливаются требования охраны труда.

Работодатель обязан обеспечивать содержание сварочного и газового оборудования в соответствии с требованиями правил технической документации:

- запрещается загромождать проходы и проезды внутри зданий (сооружений), для безопасного передвижения работников;
- в сварочных цехах и на участках оборудуется обще-обменная вентиляция, а на стационарных рабочих местах - местная вентиляция;
- при автоматизированной сварке предусматривается дистанционное управление и использование СИЗ;
- металлические части оборудования, не находящиеся под напряжением, должны быть заземлены;
- рабочим необходимо проверять исправность оборудования не реже одного раза в шесть месяцев.

При обработке резанием заготовок, выходящих за пределы оборудования, должны быть установлены переносные ограждения и знаки безопасности [21].

Необходимо исключить возможные контакты соприкосновения с оборудованием или материалами, имеющими высокую температуру рабочей поверхности, для предотвращения возможных ожогов [22].

Цехи, участки и отделения обработки резанием должны быть

оборудованы средствами пожаротушения [23].

Конструктивные требования к стационарным котлам должны соответствовать РД 24.200.11-90 «Сосуды и аппараты, работающие под давлением» [24].

Рабочие и служащие цехов и участков обработки резанием, для защиты от воздействия опасных и вредных производственных факторов, должны быть обеспечены спецодеждой, спецобувью и предохранительными приспособлениями в соответствии с Типовыми отраслевыми нормами.[ТК РФ Статья 221].

При необходимости контроля размеров обрабатываемых заготовок во время работы оборудования должны предусматриваться специальные приборы, позволяющие производить замеры автоматически, без снятия деталей.

При выполнении сварочных и работ и обработке металлов резанием необходимо соблюдать все правила безопасности, установленные нормы «Р2 2.2006-05 Гигиена труда» , следить за исправностью оборудования, защищать ИП от перегрева, а также применять средства индивидуальной защиты. Перед началом выполнения работ необходимо проверить оборудование на наличие дефектов и правильность подключения.

## **10.2 Производственная безопасность**

При выполнении сварочных работ, обработке металлов резанием, существует ряд опасных факторов, которые могут принести вред рабочему и его здоровью. В таблице 29 приведены возможные опасные и вредные производственные факторы на рабочем месте сварщика

Таблица 30 – Возможные опасные и вредные производственные факторы на рабочем месте сварщика

Факторы	Нормативные документы
Опасные и вредные производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги (обморожения) тканей	Государственный стандарт РФ ГОСТ Р 51337-99 "Безопасность машин. Температуры касаемых поверхностей» [22].
Движущиеся (в том числе разлетающиеся) твердые, жидкие или газообразные объекты, наносящие удар по телу работающего (в том числе движущиеся машины и механизмы); подвижные части производственного оборудования; передвигающиеся изделия, заготовки, материалы;	ГОСТ 12.0.003-2015. «Опасные и вредные производственные факторы» [25].
Опасные и вредные производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий, включая действие молнии и высоковольтного разряда в виде дуги, а также электрического разряда живых организмов	ГОСТ 12.0.003-2015. «Опасные и вредные производственные факторы» ГОСТ 26522-8. «Короткие замыкания в электроустановках» Приказ министерства здравоохранения РФ от 20 декабря 2012 г. N 1120н «об утверждении стандарта скорой медицинской помощи при поражении электрическим током»
Неподвижные режущие, колющие, обдирающие, разрывающие (например, острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования) части твердых объектов, воздействующие на работающего при соприкосновении с ним	ГОСТ 12.0.003-2015. Опасные и вредные производственные факторы
Отсутствие или недостаток необходимого естественного освещения;	СП 52.13330.2016. «Естественное и искусственное

	освещения» [26].
Выделение вредных веществ при выполнении сварочных работ	ГОСТ Р 56164-2014 «Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу» [27].

### **10.2.1 Опасные и вредные Факторы, связанные с высокой температурой материальных объектов окружающей среды, могущих вызвать ожоги**

В ходе производственного процесса есть большая вероятность соприкосновения рабочего с поверхностями, имеющими высокую температуру (высокая температура изделий, сварочная дуга), что может привести к ожогам. Для того чтобы обезопасить себя от данного опасного фактора, необходимо в обязательном порядке носить защитную одежду, иметь огнестойкие рукавицы, которые помогут защититься от ожогов. Рабочему необходимо регулярно проверять состояние своей индивидуальной защиты, оборудования и электроинструментов, а также соблюдать правила безопасности при выполнении сварочных и монтажных работ.

### **10.2.2 Движущиеся (в том числе разлетающиеся) твердые, жидкие или газообразные объекты, наносящие удар по телу работающего (в том числе движущиеся машины и механизмы); подвижные части производственного оборудования; передвигающиеся изделия, заготовки, материалы**

Источником фактора движущихся твердых, жидких или газообразных объектов, наносящих удар по телу рабочего, могут быть различные условия и ситуации, например, неправильная эксплуатация оборудования,

неправильное хранение и использование опасных веществ, неправильная организация рабочего места и т.д.

При передвижении оборудованию внутри цеха есть вероятность причинения травм рабочим. На территории цеха необходимо установить щиты с информацией о возможных опасностях и инструкции по мерам безопасности. Например, таблички могут указывать на необходимость использования защитных очков, наличие опасности электрического тока или других опасностей, связанных с использованием оборудования. Надписи и плакаты также могут содержать информацию о том, что доступ к опасным местам запрещен, а также о том, что оборудование должно использоваться только под наблюдением и контролем специалистов. Роботизированные ячейки должны быть строго ограждены.

### **10.2.3 Опасные и вредные производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий, включая действие молнии и высоковольтного разряда в виде дуги, а также электрического разряда живых организмов**

Главным фактором поражением тока при выполнении сварочных работ является сам источник питания. При поражении электрическим током возможно повреждение нервной системы, паралич мышц и потерю чувствительности, также различные заболевания сердца (аритмия), в особых случаях поражения электрическим током может привести к летальному исходу.

При работе с электроустановками сварочные аппараты и инструменты должны находиться в исправном состоянии. Перед началом работы необходимо осмотреть сварочное оборудование на предмет повреждений. При проведении сварки необходимо использовать индивидуальные средства

защиты, такие как защитные очки, шлем, рукавицы и ботинки. При работе с электроустановками необходимо соблюдать все требования охраны труда и пожарной безопасности. Рабочие должны пройти инструктаж по правилам пожарной безопасности, безопасной работе с электроустановками, знать способы обеспечения защиты от электрического тока, оказания ПМП при поражении током, уметь работать с заземлением и системами защитного отключения.

#### **10.2.4 Неподвижные режущие, колющие, обдирающие, разрывающие (например, острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования) части твердых объектов, воздействующие на работающего при соприкосновении с ним**

Причинами травматизма при сборке и сварке могут быть неправильная техника работы, несоблюдение правил безопасности при использовании инструментов. Для предотвращения подобных ситуаций необходимо обучать рабочих правильной технике работы и требовать от них соблюдения всех правил безопасности.

При взаимодействии с режущими, колющими и иными частями инструментов возникает вероятность получения порезов, ссадин. Колющие ранения могут возникнуть при попадании на части тела таких инструментов, как шипы, иглы и т.д.

#### **10.2.5 Отсутствие или недостаток необходимого естественного освещения**

При отсутствии или недостатке естественного освещения у работников возникает зрительная усталость, которая вызывается болезненными ощущениями в глазах и головной болью, в последствие это может привести к

снижению зрения. Также работа в темных условиях может повышать вероятность падения и получения травм.

Организованное освещение на рабочем месте способствует более безопасной работе сварщика. Наличие естественного освещения в здании, при наличии окон, может служить лишь в качестве дополнительного освещения, т.к. яркость естественного освещения варьируется в зависимости от времени суток, по этой причине необходимо обязательно устанавливать искусственное освещение. Минимальная искусственная освещенность на рабочем месте составляет не менее 400лк, при общем освещении, согласно СП 52.13330.2016.

Для сварочных работ наиболее подходящими светильниками являются светильники светодиодные, характеризующиеся высокой яркостью.

#### **10.2.6 Выделение вредных веществ при выполнении сварочных работ**

При выполнении сварочных и разделочных работ выделяется большое количество вредных примесей, паров, пыли, это пагубно влияет как на дыхательные пути человека, так и на атмосферу.

Для снижения отрицательного воздействия сварки и резки на окружающую среду и здоровье работников необходимо применять меры по снижению выбросов загрязняющих веществ и защите дыхательных путей.

При сварке и резке металлов выделяется много опасных газообразных веществ: окись углерода, которая вызывает приступы удушья, кашля, потери сознания, поражениям ЦНС; фосген — бесцветный газ с неприятным запахом, вызывает ожоги в дыхательных путях, кашель, одышку и нарушения сердечного ритма, а также может быть смертельным при высокой концентрации. При выборе электродов необходимо учитывать их состав, который также будет влиять на количество опасных выделений. ПДК

вредных веществ выделяющихся в воздух при сварке представлены в таблице 30.

Таблица 31 – Предельно-допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ, выделяющихся в воздух при сварке по ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ [28]

Вещество	ПДК в воздухе рабочей зоны, мг/м <sup>3</sup>
Азота диоксид	2,0
Углерода оксид	20,0
Фосген	0,5
Оксид хрома (III)	1,0
Озон	0,1
Оксид марганца	0,3

Удаление вредных газов и примесей должно осуществляться местной и общей вентиляцией. Объем подаваемого свежего воздуха необходимо устанавливать не менее 30 м<sup>3</sup>/ч. Недопустимо проводить сварку в крытых пространствах без вентиляции.

### 10.3 Экологическая безопасность

При любом производстве важна рациональность использования природных ресурсов, включая энергоресурсы, водные ресурсы, лесные ресурсы и другие. Государственные мероприятия по охране природы включают в себя разработку и введение законов и правил, контроль и надзор за охраной природы. Оптимальное сочетание мероприятий позволит сохранить природу для будущих поколений и обеспечить экологическую безопасность и рациональное использование природных ресурсов.

При выполнении сварочных работ наиболее распространенными вредными отходами являются:

1.Выброс вредных газов и мелкодисперсной пыли сварочных аэрозолей.

2. Твердые отходы (огарки углеродов, использованные диски от болгарки, металлическая стружка, изношенные СИЗ).

3. Бытовые отходы (синтетические моющие средства, отходы продуктов питания и личного назначения)

ПДК загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест приведены в таблице 31.

Таблица 32 – Предельно-допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест по ГН 2.1.6.1338-03 [29]

Вещество	ПДК в атмосферном воздухе населенной местности, мг/м <sup>3</sup>	
	Максимально разовая	Среднесуточная
Азота диоксид	0,2	0,04
Азота оксид	0,6	0,06
Марганец и его соединения	0,01	0,001
Озон	0,16	0,03
Углерода оксид	5,0	3,0
Фтористые соединения	0,02	0,005
Сажа	0,15	0,05
Пыль (кремнесодержащая – более 70 %)	0,15	0,05

Для уменьшения вредного воздействия сварочного производства на окружающую среду необходимо принимать следующие меры: Установка систем очистки воздуха из газообразных выхлопов; Разделение и сбор отходов на твердые, жидкие и газообразные для их дальнейшей переработки или утилизации; Автоматизация процесса сварки для уменьшения количества выделяющихся вредных веществ. Помимо утилизации металлических отходов необходимо использовать контейнеры для выброса опасных отходов, такие как аккумуляторы, люминесцентные лампы, батареи.

## 10.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

В любом производственном процессе есть вероятность возникновения чрезвычайных ситуаций, таких как взрыв, пожар, обрушение зданий. На возникновение данных ситуаций могут влиять несоблюдение правил пожарной безопасности, недостаточная квалификация рабочего персонала и многое другое.

При эксплуатации оборудования наиболее типичная ЧС – разгерметизация котла из-за высокого давления, это может произойти, например, из-за неправильной установки деталей, трещин, внутренних дефектов. Разгерметизация оборудования может привести к взрыву на территории здания и обрушению стен.

План действий при крушении здания при взрыве:

- вызвать экстренные службы - пожарную, скорую помощь и спасателей;
- немедленно эвакуировать людей, находящихся в здании. Если вы не являетесь членом экстренной службы, не пытайтесь спасти людей своими силами;
- организовать медицинскую помощь пострадавшим;
- создать укрывающие места для эвакуированных людей;
- обеспечить необходимую поддержку и помощь пострадавшим и выжившим, включая обеспечение пищей, водой, медицинским оборудованием и услугами гигиены.

При ликвидации последствий ЧС необходимо восстановить инфраструктуру в зоне катастрофы, провести расследование и оценку человеческой и материальной ответственности за катастрофу.

При тушении пожара, находящегося вблизи электроприборов необходимо использовать только углекислотные или порошковые огнетушители. Это связано с тем, что вода и другие жидкости могут провести электроток, что может вызвать опасность для жизни и здоровья пожарных и

окружающих людей. Огнетушители на основе углекислого газа и порошковые огнетушители не проводят электрический ток и безопасны для использования вблизи токоведущих частей контактной сети.

Необходимо знать, как действовать в случае возникновения чрезвычайной ситуации и соблюдать требования безопасности, например, не курить в местах, где запрещено, не использовать искрящие электроприборы вблизи газовых баллонов, соблюдать правила пожарной безопасности.

### **Вывод по разделу социальная ответственность**

В ходе разработки раздела «Социальная ответственность», было проведено исследование правовых норм по обеспечению производственной безопасности, экологической безопасности, безопасности в ЧС, при производстве корпуса парового котла.

Производство сосудов, работающих под давлением, представляет высокую опасность, так как есть вероятность, как разгерметизации газовых баллонов, так и самого корпуса котла. Каждому производственному помещению, согласно приказу от 12 августа 2022 г. N 811 «Утверждение правил технической эксплуатации электроустановок потребителей электрической энергии», присваивается класс опасности. Помещение, где производятся газосварочные работы, соответствует второму классу «класс повышенной опасности».

Сварочное производство имеет ряд отходов производственного процесса. Относительно оказанного влияния на окружающую среду, предприятия соответствуют определенным категориям. Предприятие по выполнению сварочных работ имеет категорию IV.

Опираясь на правила по охране труда при эксплуатации электроустановок (ПРИКАЗ от 15 декабря 2020 года N 903н), персонал по электробезопасности соответствует не ниже второй группы.

Категория тяжести труда по СанПиН 1.2.3685-21 "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания" относится к категории Пб, то есть работы, связанные с ходьбой, перемещением и переноской тяжестей до 10 кг и сопровождающиеся умеренным физическим напряжением.

Помещение, где производятся сварочные работы, является взрывопожарным и пожароопасным, категория помещения имеет категорию Г.

Для уменьшения загрязнения окружающей среды в сварочном производстве необходимо использовать современное оборудование, которое позволяет использовать меньше энергии и сокращает количество отходов. Также необходимо использовать специальные системы фильтрации и воздухоочистки, чтобы снизить количество газообразных отходов и пыли. Рабочие обязаны использовать СИЗ, чтобы снизить пагубное воздействие вредных факторов на свое здоровье. Важно отметить, что работники должны обучаться технике безопасности и выполнять её правильно, чтобы снизить риск возникновения аварийных ситуаций, которые могут нанести вред их собственному здоровью и привести к загрязнению окружающей среды. Также важно понимать, что СИЗ – это последняя преграда между опасными производственными факторами и организмом человека.

## 11 СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Принцип работы и устройство парового котла – различия, преимущества // ТеплоСпец URL: <https://teplospec.com/alternativnoe-otoplenie/printsip-raboty-i-ustroystvo-parovogo-kotla-razlichiya-preimushchestva.html> (дата обращения: 22.04.23).
2. ГОСТ 34347-2017 "СОСУДЫ И АППАРАТЫ СТАЛЬНЫЕ СВАРНЫЕ. Общие технические условия" от 30.11.2017 №52-2017// <https://docs.cntd.ru/document/1200158007?ysclid=lhурх9хент422191099> (дата обращения 22.04.2023). - Текст: электронный
3. В.И. Васильев, Д.П. Ильященко, Н.В. Павлов Введение в основы сварки: автореф. дис. Издательство томского политехнического университета. Машиностроение наук: "Национальный исследовательский Томский политехнический университет". г. Томск (обл. Томская)., 2011. - 317 с.
4. Автоматическая сварка под флюсом // osvarka.com URL: <https://osvarka.com/vidy-i-sposoby-svarki/avtomaticheskaya-svarka-pod-flyusom?ysclid=lhyqi5mеb1146169599> (дата обращения: 22.04.23).
5. ГОСТ 5520-2017 "Прокат толстолистовой из нелегированной и легированной стали для котлов и сосудов, работающих под давлением. Технические условия" от 30.11.2017 № 52 // <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293739/4293739678.pdf?ysclid=lhyqyptame509687880> (дата обращения 22.04.2023). - Текст: электронный
6. ОСТ 26.260.3-2001 "СВАРКА В ХИМИЧЕСКОМ МАШИНОСТРОЕНИИ" от 01.06.2002 // <https://ohranatruda.ru/upload/iblock/4d5/4293847328.pdf?ysclid=lhyr0riyxj894538320> (дата обращения 22.04.2023). - Текст: электронный
7. ГОСТ 2246-70 "Проволока стальная сварочная. Технические условия." от 23.06.70 № 952//<https://mmk-metiz.ru/buyers/product/gost/provoloka-gost-2246->

70.pdf?ysclid=lhyr3ozqax560553444 (дата обращения 22.04.2023). - Текст: электронный

8. ГОСТ 9087-81 "ФЛЮСЫ СВАРОЧНЫЕ ПЛАВЛЕННЫЕ. Технические условия". от 26.05.81 № 2605 // <https://docs.cntd.ru/document/1200004707?ysclid=lhyr5k2vj7601999369> (дата обращения 22.04.2023). - Текст: электронный

9. Бабенко Э.Г., Казанова Н.П. «Расчет режимов электрической сварки и наплавки» Кафедра «Технология металлов» Дальневосточный государственный университет путей сообщения Хабаровск 1999

10. ГОСТ 8713-79 "СВАРКА ПОД ФЛЮСОМ. СОЕДИНЕНИЯ СВАРНЫЕ. Основные типы, конструктивные элементы и размеры" от 26.12.79 № 5047 // <https://docs.cntd.ru/document/1200004491?ysclid=lhyr8eg0i0691205452> (дата обращения 22.04.2023). - Текст: электронный

11. Н.П. Калиниченко, М.А. Васильева, А.Ю. Радостев Атлас дефектов сварных соединений и основного металла: автореф. дис. Издательство томского политехнического университета. Машиностроение наук: "Национальный исследовательский Томский политехнический университет". г. Томск (обл. Томская)., 2011. - 71 с.

12. Напряжения и деформации при сварке и меры борьбы с ними // [extxe.com](http://extxe.com). Современные технологии производства URL: <https://extxe.com/4102/naprjazhenija-i-deformacii-pri-svarke-i-mery-borby-s-nimi/?ysclid=lhyri1uns9215555147> (дата обращения: 22.04.23).

13. ГОСТ Р 55724-2013 "КОНТРОЛЬ НЕРАЗРУШАЮЩИЙ. СОЕДИНЕНИЯ СВАРНЫЕ. Методы ультразвуковые/" от 8.11.2013 № 1410-ст // <http://hydropower.ru/upload/iblock/d2b/4ivbyowatmt9kwthhj210aq7k11jld1q/fncppx0rq9vdv1qf89q8kskkimlsc83.pdf?ysclid=lhyrno8nya987730242> (дата обращения 22.04.2023). - Текст: электронный

14. Вальцовка обечаек // TUTMET.ru URL:

<https://tutmet.ru/tehnologija-valcovki-valcevanija-obechaek.html?ysclid=lhyrrbd1nc416343302> (дата обращения: 22.04.23).

15. Требования к сварочному оборудованию // УМТС СПЛАВ URL: <https://umtssplav.ru/article/trebovaniya-k-svarochnomu-oborudovaniyu/?ysclid=lht1v92zhl740932994> (дата обращения: 18.04.2023).

16. Автоматический комплекс сварки обечаек на базе колонны INCZ, INTEGRAL // Металлотеха URL: <https://arfa-metal.ru/metally-i-splavy/svarka-obechaek-bolshogo-diametra.html?ysclid=lht1ya6yob620877395> (дата обращения: 18.04.2023).

17. ООО "УРАЛ ПАУЭР" // ЧЕККО URL: <https://checko.ru/company/ural-pauehr-1146679025756?ysclid=lht26b35b1693134858> (дата обращения: 18.04.2023).

18. Парогенераторы среднего давления Источник: <https://teplo-power.ru/product/parogeneratoriy-srednego-davleniya> // ТЕПЛО URL: <https://teplo-power.ru/product/parogeneratoriy-srednego-davleniya/> (дата обращения: 18.05.2023).

19. SWOT-анализ: что это такое и как его провести. Разбираем на примерах из России // Skillbox Media URL: <https://skillbox.ru/media/management/sposob-vyvesti-kompaniyu-iz-krizisa-ili-bespoleznaya-igrushka/?ysclid=lhyrxro4zo976267266> (дата обращения: 10.04.2023).

20. Трудовой кодекс российской федерации от 21.12.2001 // <https://docs.cntd.ru/document/901807664?ysclid=lhys7p8vwc155239687> (дата обращения 15.04.2023). - Текст: электронный

21. ГОСТ 12.4.026-2015 "Система стандартов безопасности труда. Цвета сигнальные, знаки безопасности и разметка сигнальная. Назначение и

правила применения. Общие технические требования и характеристики. Методы испытаний" от 10.12.2015 № 48 // <https://docs.cntd.ru/document/1200136061?ysclid=lhysavkf2s929607950> (дата обращения 15.04.2023). - Текст: электронный

22. ГОСТ Р 51337-99 "Безопасность машин температуры касаемых поверхностей. Эргономические данные для установления предельных величин горячих поверхностей" от 22.11.1999 № 421-ст // <https://docs.cntd.ru/document/1200009083> (дата обращения 15.04.2023). - Текст: электронный

23. ГОСТ 12.4.009-83 "Система стандартов безопасности труда. Пожарная техника для защиты объектов. Основные виды. Размещение и обслуживание" от 10.10.1983 № 4882 // <https://docs.cntd.ru/document/1200003611?ysclid=lhysesrkei615494641> (дата обращения 15.04.2023). - Текст: электронный ГОСТ 28193-89

24. РД 24.200.11-90 "Сосуды и аппараты, работающие под давлением Правила и нормы безопасности при проведении гидравлических испытаний на прочность и герметичность" от 25.07.1990 // <https://docs.cntd.ru/document/1200040752?ysclid=lhysgp2tjr615556628> (дата обращения 15.04.2023). - Текст: электронный РД 2.2006-05. Гигиена труда

25. ГОСТ 12.0.003-2015 "Система стандартов безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы" от 10.12.2005 // <https://docs.cntd.ru/document/1200136071?ysclid=lhysirbika399734843> (дата обращения 15.04.2023). - Текст: электронный ГОСТ 26522-8.

26. СП 52.13330.2016 "Естественное и искусственное освещение" от 08.05.2017 // <https://docs.cntd.ru/document/456054197?ysclid=lhysjt6vt9463644419> (дата обращения 22.05.2023). - Текст: электронный

27. ГОСТ Р 56164-2014 "Выбросы загрязняющих веществ в атмосфере"

ру. Метод расчета выбросов при сварочных работах на основе удельных показателей" от 14.10.2014 // <https://internet-law.ru/gosts/gost/58128/?ysclid=lhysmeoy9f385765320> (дата обращения 15.04.2023). - Текст: электронный

28. ГОСТ 12.1.005-88 "Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны" от 29.09.1988 // <https://docs.cntd.ru/document/1200003608?ysclid=lhysnv50gc958315030> (дата обращения 15.04.2023). - Текст: электронный

29. ГН 2.1.6.1338-03 "Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест" от 25.06.2003 // <https://docs.cntd.ru/document/901865554?ysclid=lhysowhowz701518654> (дата обращения 15.04.2023). - Текст: электронный

## **Приложение А**

(обязательное)

Чертеж корпуса котла парового отопления

ФЮРА.301575.001

Перв. примен.

Справ. №

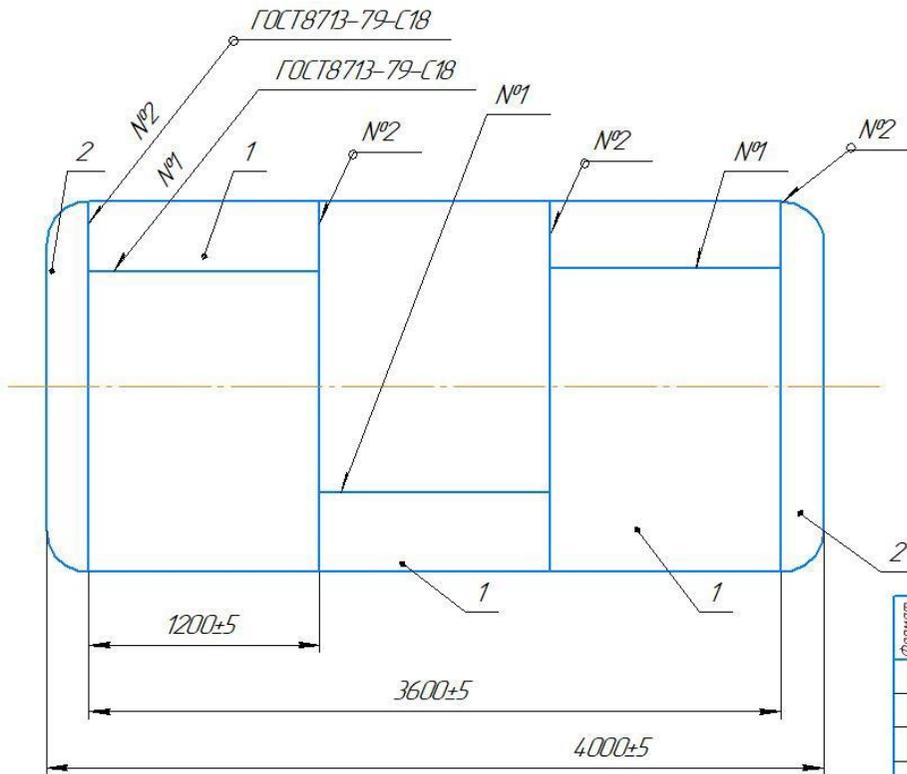
Подп. и дата

Инд. № докум.

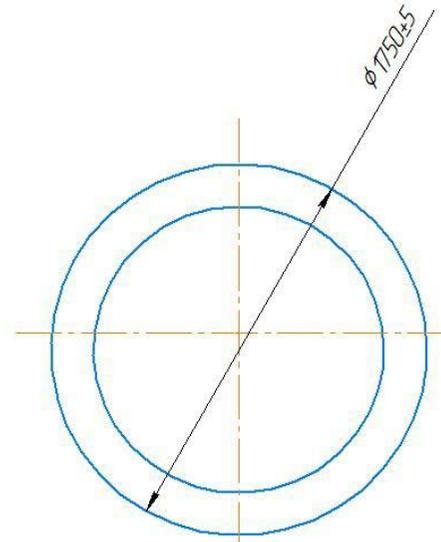
Взам. инд. №

Подп. и дата

Инд. № подл.



1. Сварка под слоем флюса
2. Сварочная проволока СВ-10ГА
3. Сварочный флюс АН-4.2М
4. Технические требования к конструкции по ГОСТ Р 54803-2011



Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				<u>Детали</u>		
				Днище, ГОСТ 19903-2015	2	D=1750
				Обечайка, ГОСТ 19903-2015	3	L=1200
<b>ФЮРА.301575.001</b>						
Изм.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Лит.	Масса
Разраб.	Потопчик АИ				У	
Проб.						11
Т.контр.	Першина АА				Лист	Листов 1
Н.контр.					<b>ТТУ ИШЖБ</b>	
Утв.					<b>Группа 1В91</b>	

Копировал

Формат А3

**Приложение Б**  
(обязательное)

Комплект технологической документации





















Дубл.			
Взам.			
Подл.			

ФЮРА.02190.1В91137

2

ФЮРА.60190.002

А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код,наименование операции	Обозначение документа										
						СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Тпз	Тшт.
Б	Код,наименование,оборудования					Обозначение,код										
К/М	Наименование детали,сб.единицы или материала					Обозначение,код										
РС1	ПС	НП	ДС	Іс	Іэ	Пл	U	I	Vс	Vн	qоз	qдз	qк	Tи	Tн	
О16	Произвести сварку продольного шва обечайки,согласно карте эскизов ФЮРА.20190.002,в два прохода, соблюдая правильность наложения															
17	сварного шва, обеспечить полное проплавление сварного шва															
РС18	Н	І			32...48мм	О	37-39В	560-570А	4,8 мм/с	28,6мм/с						
О19	Повторить операцию для трех заготовок															
T20	Очки защитные, перчатки,щетка, зубило, молоток,круги абразивные															
21																
A22	01	01	01	030	Сборка обечаек											
Б23	Роликовые вращатели серии INZT								3	40.109	5	5	1			
Б24	Сварочный выпрямитель ВД-306								3	18466	5	5	1			
Б25	Покрытые электроды d=3.2мм, марки УОНИ-13/55								ГОСТ 9466-75							
К/М26	3 обечайки из стали 20,D=1750мм								ГОСТ 19903-2015							
О27	Уложить заготовку нароликовые вращатели, соединить кромки,выставить зазоры и закрепить согласно карте эскизов ФЮРА.20190.003															
О28	Кантовать заготовку на 360°, собрать заготовку на прихватках длиной 24-60мм, на расстоянии 120-480мм, прихватки производятся снаружи изделия															
РС29	Н	І				О	20-24В	70-90А								
О30	Повторить операцию для трех обечаек															
<b>OK</b> Операционная карта															60	







Дубл.			
Взам.			
Подл.			

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

ФЮРА.02190.1В91137

1

Разраб. Потапчук А.И.

ТПУ

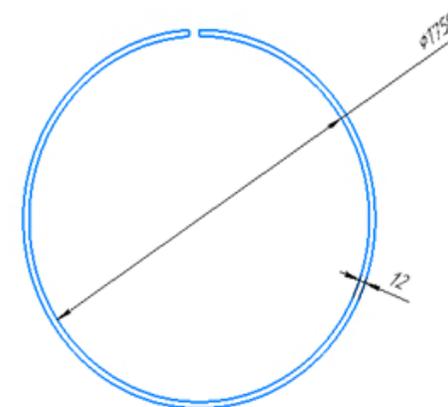
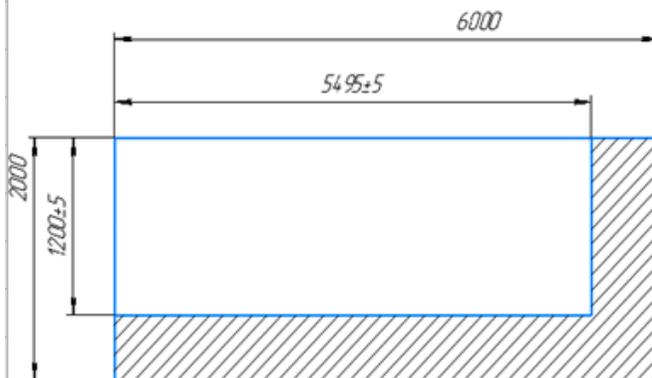
ФЮРА 20190.001

Н.контр. Першина А.А.

Автоматизированная сборка и сварка корпуса котла парового отопл.

005. 010

025. 010



КЭ

Карта эскизов

20







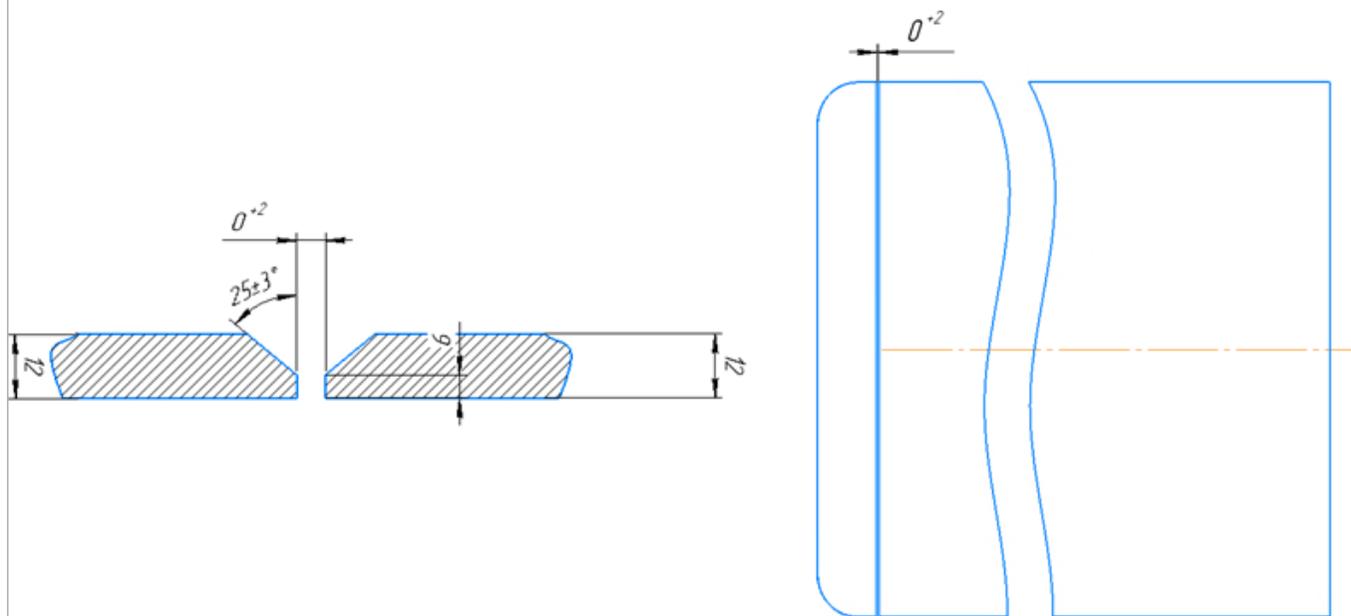
Дубл.			
Взам.			
Подл.			

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

ФЮРА.02190.1В91137

6

Разраб.	Потапчук А.И.			ТПУ		ФЮРА.20190.005
Н.контр.	Першина А.А.					
				Автоматизированная сборка и сварка корпуса котла парового отопл.		



КЭ

Карта эскизов

20



## **Приложение В**

(обязательное)

Функциональная схема автоматизации

ФЮРА.683183.001

Перв. пр.шпек.

Стр. №

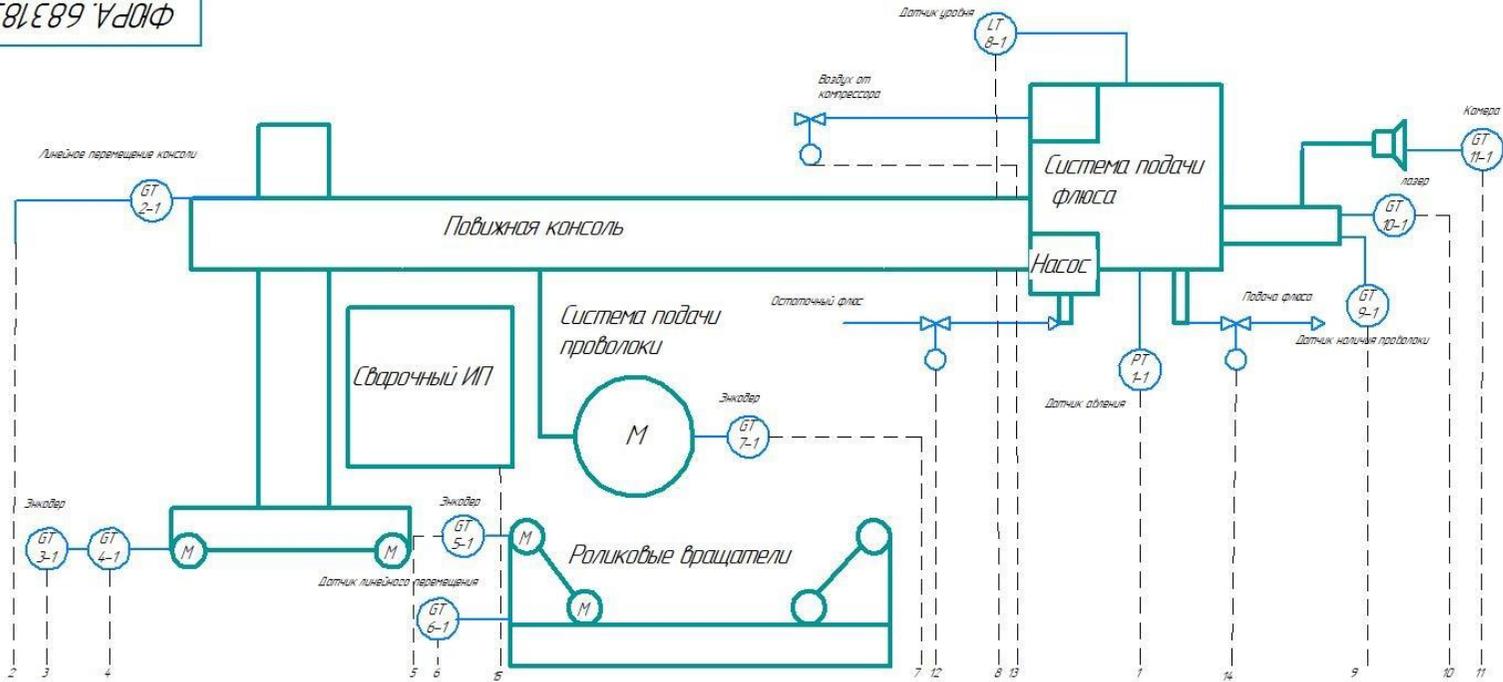
Лист. и дата

Инд. № дубл.

Возм. инд. №

Лист. и дата

Инд. № дубл.



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
По месту	PT 4-2	GT 2-2	GT 3-2	GT 4-2	GT 5-2	GT 6-2	GT 7-2	LT 8-2	GT 9-2	GT 10-2	GT 11-2				
Панель оператора															

Пульт управления

ФЮРА.683183.001

Изм./Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Автоматизированная установка для сварки под флюсом	Лист	Масса	Масштаб
Разраб.	Потапчук А.И.				4		1:1
Проб.	Першина А.А.				Лист	Листов	1
Т.контр.					ТПУ ИШНКБ Группа 1891		
Н.контр.					Формат А3		
Утв.				Копировал			