

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: **15.03.01 Машиностроение**

Отделение школы (НОЦ): **электронной инженерии**

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Технология сборки и дуговой сварки обечайки диаметром 1500 мм из стали 09Г2С толщиной 10 мм

УДК 621.791.75-047.37:621.642.3-034.2

Обучающийся

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1В81	Полховский Андрей Васильевич		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ	Гордынец А.С.	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	Авдеева И.И.	-		

Нормоконтроль

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Кулагин А.Е.	к.ф-м.н		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ООП

Код компетенции	Наименование компетенции
Универсальные компетенции	
УК(У)-1	способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач
УК(У)-2	способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений
УК(У)-3	способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде
УК(У)-4	способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном(-ых) языке(-ах)
УК(У)-5	способен воспринимать межкультурное разнообразие общества в социально-историческом, этическом и философском контекстах
УК(У)-6	способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни
УК(У)-7	способен поддерживать должный уровень физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности
УК(У)-8	способен создавать и поддерживать безопасные условия жизнедеятельности, в том числе при возникновении чрезвычайных ситуаций
УК(У)-9	способен проявлять предприимчивость в профессиональной деятельности, в т.ч. в рамках разработки коммерчески перспективного продукта на основе научно-технической идеи
Общепрофессиональные компетенции	
ОПК(У)-1	умеет использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования
ОПК(У)-2	осознает сущности и значения информации в развитии современного общества
ОПК(У)-3	владеет основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации
ОПК(У)-4	способен решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности;
Профессиональные компетенции	
ПК(У)-1	способен обеспечивать технологичность изделий и процессов их изготовления; умеет контролировать соблюдение технологической дисциплины при изготовлении изделий
ПК(У)-2	способен разрабатывать технологическую и производственную документацию с использованием современных инструментальных средств
ПК(У)-3	способен обеспечивать техническое оснащение рабочих мест с

	размещением технологического оборудования; умением осваивать вводимое оборудование
ПК(У)-4	способен участвовать в работах по доводке и освоению технологических процессов в ходе подготовки производства новой продукции, проверять качество монтажа и наладки при испытаниях и сдаче в эксплуатацию новых образцов изделий, узлов и деталей выпускаемой продукции
ПК(У)-5	умеет проверять техническое состояние и остаточный ресурс технологического оборудования, организовывать профилактический осмотр и текущий ремонт оборудования
ПК(У)-6	умеет проводить мероприятия по профилактике производственного травматизма и профессиональных заболеваний, контролировать соблюдение экологической безопасности проводимых работ
ПК(У)-7	умеет выбирать основные и вспомогательные материалы и способы реализации основных технологических процессов и применять прогрессивные методы эксплуатации технологического оборудования при изготовлении изделий машиностроения
ПК(У)-8	умеет применять методы стандартных испытаний по определению физико- механических свойств и технологических показателей используемых материалов и готовых изделий
ПК(У)-9	способен метрологически обеспечивать технологические процессы, использовать типовые методы контроля качества выпускаемой продукции
ПК(У)-16	способен к систематическому изучению научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по соответствующему профилю подготовки
ПК(У)-17	умеет обеспечивать моделирование технических объектов и технологических процессов с использованием стандартных пакетов и средств автоматизированного проектирования, проводить эксперименты по заданным методикам с обработкой и анализом результатов
ПК(У)-18	способен принимать участие в работах по составлению научных отчетов по выполненному заданию и во внедрении результатов исследований и разработок в области машиностроения
ПК(У)-19	способен участвовать в работе над инновационными проектами, используя базовые методы исследовательской деятельности
ДПК(У)-1	способен контролировать соответствие основных и свариваемых материалов, сварочного и вспомогательного оборудования, оснастки и инструмента, технологической документации, соблюдения технологической дисциплины и правильной эксплуатации технологического оборудования
ДПК(У)-2	способен составлять планы размещения оборудования, технического оснащения и организации рабочих мест, производить расчет производственной мощности и загрузки оборудования
ДПК(У)-3	способен изучать и анализировать причины возникновения брака и выпуска продукции низкого качества, участие в разработке мероприятий по их предупреждению и устранению

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

Школа **Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности**
 Направление подготовки **15.03.01 Машиностроение**
 Отделение школы **электронной инженерии**

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП

_____ А.А. Першина
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

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

Студенту:

Группа	ФИО
1В81	Полховский Андрей Васильевич

Тема работы:

Технология сборки и дуговой сварки обечайки диаметром 1500 мм из стали 09Г2С толщиной 10 мм

Утверждена приказом директора (дата, номер)	09.12.2021, №343-10/с
---	-----------------------

Срок сдачи студентом выполненной работы:	22.06.2022
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе</p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Разработка технологии сборки и дуговой сварки обечайки диаметром 1500 мм из стали 09Г2С толщиной 10 мм</p>
---	---

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Обзорная часть 2. Описание объекта исследования <ol style="list-style-type: none"> 2.1. Свойства основного материала конструкции 2.2. Выбор сварочных материалов и разделки кромки 3. Разработка технологии сборки и сварки изделия <ol style="list-style-type: none"> 3.1. Расчет режимов сварки 3.2. Расчет химического состава и механических свойств металла шва 3.3. Расчет расхода сварочных материалов 3.4. Технология сборки и сварки изделия 3.5. Выбор оборудования 3.6. Деформации и напряжения и при сварке и борьба с ними
<p>Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Конструктивные элементы кромок стыка Конструктивные элементы сварного шва Сборка конструкции</p>

<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p>Раздел</p>	<p>Консультант</p>
<p>Обзорная часть</p>	<p>Гордынец А.С., к.т.н., доцент ОЭИ ИШНКБ</p>
<p>Описание объекта исследования</p>	<p>Гордынец А.С., к.т.н., доцент ОЭИ ИШНКБ</p>
<p>Разработка технологии сборки и сварки изделия</p>	<p>Гордынец А.С., к.т.н., доцент ОЭИ ИШНКБ</p>
<p>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p>	<p>Гасанов М.А., д.э.н. профессор ОСГН</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>Авдеева И.И., старший преподаватель</p>
<p>Комплект технологических документов</p>	<p>Гордынец А.С., к.т.н., доцент ОЭИ ИШНКБ</p>

<p>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</p>	<p>02.03.2022</p>
--	-------------------

Задание выдал руководитель:

<p>Должность</p>	<p>ФИО</p>	<p>Ученая степень, звание</p>	<p>Подпись</p>	<p>Дата</p>
<p>Доцент ОЭИ</p>	<p>Гордынец А.С.</p>	<p>к.т.н</p>		<p>15.10.2021</p>

Задание принял к исполнению студент:

<p>Группа</p>	<p>ФИО</p>	<p>Подпись</p>	<p>Дата</p>
<p>1В81</p>	<p>Полховский А.В.</p>		<p>15.10.2021</p>

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

Студенту:

Группа	ФИО
1В81	Полховский Андрей Васильевич

Школа	ИШНКБ	Отделение школы (НОЦ)	ОЭИ
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	15.03.01 Машиностроение

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:	
1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Оклад руководителя- 64000 руб. Оклад инженера – 38700 руб.
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	Премияльный коэффициент и надбавки 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 во внебюджетные фонды 30,2 %.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. <i>Оценка коммерческого и инновационного потенциала НИИ</i>	Анализ конкурентных технических решений.
2. <i>Определение возможных альтернатив проведения научных исследований</i>	Определение целей и ожиданий, требований проекта. Определение заинтересованных сторон и их ожиданий.
3. <i>Планирование процесса управления НИИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок</i>	Планирование работ; Разработка графика Ганта; Формирование бюджета затрат на научное исследование.
4. <i>Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности</i>	Определение эффективности исследования
Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):	
1. Оценка конкурентоспособности технических решений 2. Матрица SWOT 3. Альтернативы проведения НИ 4. График проведения и бюджет НИ 5. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ	

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	01.03.2022
---	-------------------

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1В81	Полховский Андрей Васильевич		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа 1В81		ФИО Полховский Андрей Васильевич	
Школа	Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности	Отделение (НОЦ)	М.В. Тригуб
Уровень образован ия	бакалавриат	Направление/ специальность	15.03.01 Машиностроение: Оборудование и технология сварочного производства

Тема ВКР:

Технология сборки и дуговой сварки обечайки диаметром 1500 мм из стали 09Г2С толщиной 10 мм	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
Введение	<p><i>Объект исследования:</i> обечайка заданных габаритов <i>Область применения:</i> машиностроение, сварочное производство и др. <i>Рабочая зона:</i> производственное помещение <i>Размеры помещения:</i> 10*5 м <i>Количество и наименование оборудования рабочей зоны:</i> станок плазменной резки, УШМ, вальцовочный станок, кромкострогальный станок, выпрямитель сварочный, кран-балка <i>Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне:</i> резка листового проката, сварка</p>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при разработке проектного решения:	<p>ГОСТ 12.3.003-86 ССБТ. Работы электросварочные. Требования безопасности; ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны; Р 2.2.2006-05 Гигиена труда. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса; ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация; ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности; ГОСТ 12.4.254-2013 ССБТ. Средства индивидуальной защиты глаз при сварке и аналогичных процессах. Общие технические условия; ГОСТ 12.1.019-2017 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты; СанПиН 1.2.3685-21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности; СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95.</p>
2. Производственная безопасность при разработке проектного решения: – Анализ выявленных вредных и опасных производственных факторов	<p>Опасные факторы: 1. Неподвижные режущие, колющие, обдирающие, разрывающие части твердых объектов; 2. Движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; передвигающиеся изделия, заготовки, материалы;</p>

	<p>3. Ударные волны воздушной среды;</p> <p>4. Связанные с чрезмерно высокой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги тканей организма человека;</p> <p>5. Связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий (статическое электричество, короткое замыкание);</p> <p>6. Излучение при горении сварочной дуги, вызывающее травмы глаз;</p> <p>Вредные факторы:</p> <p>1. Повышенный уровень вибрации;</p> <p>2. Повышенный уровень шума;</p> <p>3. Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения;</p> <p>4. Производственные факторы, связанные с аномальными микроклиматическими параметрами воздушной среды на местонахождении работника;</p> <p>5. Статическое электричество, короткое замыкание, поражение электрическим током;</p> <p>6. Вредные вещества, выделяющиеся при сварке</p> <p>Требуемые средства коллективной и индивидуальной защиты от выявленных факторов: средства для очистки и вентиляции воздуха; сварочные маски, краги, одежда; виброизолирующие перчатки и обувь; средства заземления; защитные ограждения и знаки; наушники; защитные очки (маски).</p>
3. <u>Экологическая безопасность при разработке проектного решения</u>	<p>Воздействие на селитебную зону: СЗЗ не требуется;</p> <p>Воздействие на литосферу: металлическая стружка, окалина, изношенные средства индивидуальной защиты персонала, использованные лампы освещения, ТБО;</p> <p>Воздействие на гидросферу: отходы ГСМ и продуктов жизнедеятельности персонала;</p> <p>Воздействие на атмосферу: продукты горения шлака и испарения металлов.</p>
4. <u>Безопасность в чрезвычайных ситуациях при эксплуатации</u>	<p>Возможные ЧС:</p> <p>Природные катастрофы (наводнения, цунами, ураган и т.д.); геологические воздействия (землетрясения, оползни, обвалы, провалы территории и т.д.); Техногенные аварии (пожар в случае неисправности оборудования или несоблюдения техники безопасности при сварке)</p> <p>Наиболее типичная ЧС: Пожар</p>
Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
01.03.2022	

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
старший преподаватель	Авдеева Ирина Ивановна	-		01.03.2022

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1В81	Полховский Андрей Васильевич		01.03.2022

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 **15.03.01 Машиностроение**
 Уровень образования **Бакалавриат**
 Отделение школы **Электронной инженерии**
 Период выполнения **(осенний / весенний семестр 2021 /2022 учебного года)**

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

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

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

Срок сдачи студентом выполненной работы:	22.06.2022
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
17.02.2022	Введение	10
28.02.2022	Обзор литературы	10
15.03.2022	Описание объекта исследования	10
30.03.2022	Выбор способа сварки и сварочных материалов	10
05.04.2022	Расчет режимов сварки	10
20.04.2022	Технология сборки и сварки	10
05.05.2022	Разработка технической документации	10
15.05.2022	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	10
25.05.2022	Социальная ответственность	10
03.06.2022	Заключение	10

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ	Гордынец А.С.	к.т.н.		02.03.2022

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ	Першина А.А.	к.т.н.		02.03.2022

Обучающийся:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1В81	Полховский Андрей Васильевич		02.03.2022

Реферат

Выпускная квалификационная работа 92 листа, 2 рисунка, 22 таблицы, 28 источников, 1 приложение.

Ключевые слова: дуговая сварка, технология сборки и сварки обечайки, 09Г2С, механизированная сварка.

Объектом исследования является технология сборки и дуговой сварки обечайки диаметром 1500 мм из стали 09Г2С толщиной 10 мм.

Цели и задачи работы заключаются в разработке технологии сборки и дуговой сварки обечайки заданных габаритов, путем расчета необходимых параметров, подбором необходимых материалов и оборудования, а также составления комплекта необходимой технической документации.

Областью применения исследования могут являться химическая, нефтяная, газовая, а также строительная отрасли.

Работа представлена введением, пятью разделами и заключением. Приведен список используемых источников и приложение.

В ходе работы был выбран режим сварки, материалы и оборудование.

Определения, сокращения и нормативные ссылки

В настоящей работе применяются следующие термины:

сварочная ванна: Полость, образованная расплавленным металлом от действия электрической дуги.

прихватка: Сварной шов, служащий для предварительного соединения элементов конструкции.

корневой слой шва: Первый слой сварного шва.

сварка в защитных газах: Сварка с использованием газов для защиты места сварки от влияния атмосферных газов.

В данной работе использованы ссылки на следующие стандарты:

1. ГОСТ 19282-73 Сталь низколегированная толстолистовая и широкополосная универсальная.

2. ГОСТ 9467-75 Электроды покрытые металлические для ручной дуговой сварки конструкционных и теплоустойчивых сталей.

3. ГОСТ 14771-76 Дуговая сварка в защитном газе.

4. ГОСТ 3.1109-82 Единая система технологической документации. Термины и определения основных понятий. Технические условия.

5. ГОСТ 14.201-83 Обеспечение технологичности конструкции изделий. Общие требования.

6. ГОСТ 19903-2015 Прокат листовой горячекатаный. Сортамент

7. РД 25.160.10-КТН-050-06 Инструкция по технологии сварки при строительстве и ремонте стальных вертикальных резервуаров.

8. РД 34.10.125-94 Инструкция по контролю сварочных материалов и материалов для дефектоскопии.

9. ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны;

10. ГОСТ 12.3.003-86 ССБТ. Работы электросварочные. Требования безопасности.

11. Р 2.2.2006-05 Гигиена труда. Руководство по гигиенической оценке

факторов рабочей среды и трудового процесса.

12. ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.

13. ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.

14. ГОСТ 12.4.254-2013 ССБТ. Средства индивидуальной защиты глаз при сварке и аналогичных процессах. Общие технические условия.

15. ГОСТ 12.1.019-2017 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.

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

17. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95.

18. ГОСТ 12.1.012-2004. ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования.

19. ГОСТ 12.4.125-83 ССБТ. Средства коллективной защиты работающих от воздействия механических факторов.

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

В настоящей работе используются следующие сокращения:

$I_{св}$ – величина силы сварочного тока (А);

$U_{д}$ – величина силы напряжения дуги (В);

$V_{св}$ – скорость сварки (см/с);

$V_{пэл}$ – скорость подачи электродной проволоки (см/с);

$d_{э}$ – диаметр электрода (мм);

H – глубина проплавления (мм);

e – ширина сварного шва (мм);

g – выпуклость сварного шва (мм).

Оглавление

Введение.....	16
1.Обзор литературы	17
1.1 Описание конструкции.....	17
1.2 Механизированная сварка плавящимся электродом.....	17
2. Описание объекта исследования	20
2.1 Свойства основного материала конструкции	20
2.2 Выбор сварочных материалов и разделки кромок	21
3. Разработка технологии сборки и сварки изделия	24
3.1 Расчет режимов сварки.....	24
3.1.1 Расчет режимов ручной дуговой сварки покрытыми электродами	24
3.1.2 Расчет режимов механизированной дуговой сварки	27
3.2 Расчет химического состава и механических свойств металла шва.....	31
3.3 Расчет расхода сварочных материалов.....	34
3.4 Расчет сборки и сварки изделия	35
3.5 Выбор оборудования	38
3.6 Деформации и напряжения при сварке и методы борьбы с ними	41
3.7 Выводы по разделу	43
4. Финансовый менеджмент ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	44
4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	44
4.1.1 потенциальные потребители результатов исследования.....	44
4.1.2 Анализ конкурентных технических решений.....	45
4.1.3 SWOT-анализ	46
4.2 Планирование научно-исследовательских работ	47
4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования.....	47
4.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ.....	48
4.2.3 Разработка графика проведения научного исследования.....	49

4.3	Бюджет научно-исследовательского исследования (НТИ)	53
4.3.1	Расчет материальных затрат НТИ.....	53
4.3.2	Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	54
4.3.3	Расчет амортизационных отчислений	55
4.3.4	Основная и дополнительная заработная плата исполнителей	56
4.3.5	Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)	58
4.3.6	Накладные расходы	59
4.3.7	Формирование бюджета научно-исследовательского проекта	59
4.4	Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.....	60
4.5	Выводы по разделу	63
5.	Социальная ответственность	65
5.1	Введение.....	65
5.2	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	66
5.3	Производственная безопасность	67
5.3.1	Микроклимат.....	68
5.3.2	Превышение уровня шума.....	69
5.3.3	Освещение	70
5.3.4	Поражение электрическим током	71
5.3.5	Вредные вещества.....	72
5.3.6	Монотонность труда и длительное сосредоточенное наблюдение	73
5.3.7	Ожоги глаз.....	73
5.3.8	Неподвижные режущие, колющие, обдирающие, разрывающие части твердых объектов.....	74
5.3.9	Движущиеся машины и механизмы, подвижные части производственного оборудования.....	74
5.3.10	Повышенный уровень вибрации	75
5.3.11	Термические ожоги тканей.....	75
5.4	Экологическая безопасность.....	76

5.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	77
5.6 Выводы по разделу	78
Заключение	80
Список использованных источников	81
Приложение А Комплект технологической документации.....	84

Введение

В настоящее время сварочное производство занимает одно из главных мест в производстве металлических конструкций. Надёжность сварных соединений металлоконструкций в различных отраслях производства, таких как электроэнергетической, нефтегазодобывающей, горнодобывающей, химической, машиностроительной и т.д. существенно влияет на безопасность и экономическую эффективность производство. Большая металлоёмкость требует применение надёжных и высокопроизводительных способов сварки.

Обечайки являются составными единицами большого количества разнообразных металлических конструкций. Они производят в различных конфигурациях, в зависимости от области их применения и назначения. Обечайки существуют конические и цилиндрические, в зависимости от области применения и целей. В данной работе рассматривается цилиндрическая обечайка.

В работе рассмотрена технология сборки и дуговой сварки обечайки диаметром 1500 мм толщиной 10 мм, а также режимы и способы сварки. Осуществлен анализ способов сварки и расчет режимов сварки обечайки заданных габаритов. Также рассмотрен технологический процесс производства изделия и подобрано необходимое оборудование.

1. Обзор литературы

1.1 Описание конструкции

Конструкция представляет собой обечайку из стали 09Г2С диаметром 1500 мм и толщиной стенки 10 мм. Такого рода обечайки могут иметь широкий спектр применения, ввиду того что сталь 09Г2С используется в промышленности очень часто[4]. Например, данная конструкция может быть применена при монтаже нефтепровода или служить составной частью резервуара для хранения каких-либо жидких или сжиженных веществ, даже кислот.

1.2 Механизированная сварка плавящимся электродом

Механизированная сварка металла в защитных газах-это процесс дуговой сварки, при котором бесконечный проволочный электрод плавится под слоем защитного газа, который защищает зону сварки от воздействия окружающей среды. Этот процесс характеризуется высокой универсальностью в отношении материала, степени механизации и положения сварки. Дуговая сварка металлов в защитных газах может использоваться практически для всех свариваемых материалов.

Нелегированные и легированные стали предпочтительно сваривают активными газами, например, углекислым газом. Эта разновидность процесса называется сваркой металла активным газом, сокращенно – сваркой MAG[3].

Дуговая сварка металла в защитных газах может использоваться для соединения тонких листов толщиной от 0,8 мм, а также для сварки более толстых листов толщиной более 10 мм.

Механизированная (или полуавтоматическая) сварка в среде защитных газов называется так из-за способа подачи сварочной проволоки. Она осуществляется с помощью механизма, проталкивающего сварочную проволоку

через канал к наконечнику сварочной горелке, или тянущего механизма, располагающегося в самой сварочной горелке. Эти механизмы представляют собой 2-ух или 4-ех роликовые схемы, прижимающие проволоку между роликами.

Поддерживая скорость подачи проволоки со скоростью её расплавления обеспечивается равномерная длина дуги и вылет электрода, благодаря чему происходит стабильный перенос металла в сварочную ванну.

Подача защитного газа обеспечивается через специальный наконечник, находящийся на сопле сварочной горелки. То есть защитный газ подается напрямую в сварочную ванну, изолируя зону нагрева и защищая сварное соединение от недопустимого воздействия окружающих газов.

Сварочный шов, при механизированной сварке, формируется из проплавленного основного металла шва и расплавленного присадочного материала (сварочной проволоки). При этом на геометрические параметры сварочного шва влияет не только мощность и длина дуги, а также вид переноса расплавленного металла с электрода в сварочную ванну сил попадают в сварочную ванну. В виде мелких капель, размеры которых меньше диаметра электрода. Мелкокапельный перенос может переходить в, так называемый, струйный перенос электродного металла при увеличении плотности тока, или же значении сварочного тока выше критического. В этом случае, силы в столпе дуги сжимают расплавленные капли и металл начинает стекать в сварочную ванну в форме струи[3].

Преимущества данного способа:

- возможность сварки соединений малых толщин (до 2 мм);
- высокая производительность и скорость сварки (по сравнению с аргонодуговой сваркой неплавящимся электродом);
- благодаря непрерывной подачи проволоки, уменьшается вспомогательное время, затрачиваемое на смену электрода;
- отсутствие необходимости зачистки шва от шлака;

- газовая защита обеспечивает изоляцию зоны сварочной ванны и электрода;
- сварка осуществляется во всех четырех пространственных положениях: потолочном, вертикальном, горизонтальном и нижнем;
- малая зона термического влияния, благодаря сконцентрированному тепловложению.

Недостатки способа:

- разбрызгивание и угар электродного материала, намного выше, нежели при сварке покрытыми электродами;
- в открытых помещениях, при наличии ветра, сквозняка, возможно нарушение газовой защиты;
- при повышенных сварочных режимах, из-за нагрева оборудования необходимо применять охлаждение сварочной горелки.

2 Описание объекта исследования

Объектом исследования является технология сборки и сварки обечайки диаметром 1500 мм из стали 09Г2С толщиной 10мм.

Потенциальными потребителями данной технологии могут являться нефтеперерабатывающие организации, химические комбинаты, строительные организации. Также может применяться для хранения и транспортировки различных химических веществ.

Конструкция представляет собой обечайку из стали 09Г2С, изготовленную из листового проката, загнутого и сваренного дуговой сваркой.

Разработанная технология поможет определить оптимальный тип и режим сварки, а также подобрать необходимое оборудование и рассчитать расход материалов.

2.1 Свойства основного материала конструкции

Обечайка изготовлена из стали 09Г2С. Сталь является лучшим материалом, максимально подходящим для использования практически во всех отраслях промышленности. Сталь 09Г2С – сталь конструкционная низколегированная для сварных конструкций, не склонна к тепловой хрупкости и не разупрочняется в результате длительного старения[4].

Эквивалент углерода рассчитывается для определения свариваемости металла. Для этого воспользуемся следующими формулами[1]:

$$C_{\text{экв.х}} = C_{\text{ос.ме}} + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr+V}{5} + \frac{Mo}{4} + \frac{Cu+Ni}{15}; \quad (1)$$

$$C_{\text{экв.р}} = 0,005 \cdot S \cdot C_{\text{экв}}; \quad (2)$$

Согласно ГОСТ 19281 сталь 09Г2С имеет следующий химический состав[2]:

Таблица 1 — Химический состав стали 09Г2С ГОСТ 19281, %

С	Si	Mn	Ni	Cu	Cr	S	P
<0,12	0,5– 0,8	1,3- 1,7		<0,3		<0,04	<0,035

Зная состав нашей стали, и подставив значения содержащихся в ней элементов в формулы (1) и (2), можем посчитать эквивалентное содержание углерода в стали:

$$C_{\text{экв.х}}=0,12+0,25+0,084+0+0,04=0,494;$$

$$C_{\text{экв.р}}=0,005 \cdot 10 \cdot 0,494=0,0247;$$

$$C_{\text{экв}}=0,496;$$

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

2.2 Выбор сварочных материалов и разделки кромок

Согласно ГОСТ 19281-2014[2] сталь 09Г2С имеет предел прочности $\sigma_{\text{п}}=450\text{Н/мм}^2=46 \text{ кгс/мм}^2$ и относительное удлинение $\delta_5=21\%$.

Согласно ГОСТ 9467-75 [5] для сварки материала с пределом прочности 46 кгс/мм^2 используют электроды типа Э46А, которому соответствуют электроды марки УОНИ-13/55К [5]. В результате сварное соединение будет иметь предел прочности 46 кгс/мм^2 и угол загиба 180° .

При выборе сварочных материалов для механизированных способов сварки требования остаются теми же, что и для сварки покрытыми электродами.

Наиболее близкой по составу к стали 09Г2С является проволока Св-10Г2. А для обеспечения защиты сварного соединения и обеспечения глубокого проплавления, хорошей формы шва рекомендуется применить смесь углекислого газа с кислородом (до 20%).

Для получения качественных швов используют газообразный и сжиженный диоксид углерода высшего и первого сортов по ГОСТ 8050-85.

Углекислый газ не имеет цвета и запаха. При температуре 20°C и давлении

101,3 кПа (760 мм рт. ст.) его плотность составляет 1,839 кг/м³, а по отношению к воздуху — 1,524 кг/м³. Сжиженный углекислый газ — бесцветная жидкость без запаха. Сварку в защитных газах ведут на постоянном токе обратной полярности, т.к. на переменном токе из-за сильного охлаждения столба дуги защитным газом, дуга может прерываться. Скорость подачи сварочной проволоки определяет силу сварочного тока.

Наиболее распространенным способом получения углекислого газа на данный момент является получение из газов, выделяющихся в процессе брожения спирта и пива. Кислород же получают в основном при помощи глубокого охлаждения воздуха, а также химическим способом или электролизом воды, однако, т.к. химические способы экономически маловыгодны, чаще всего используются первый и последний способы. [6]. Кислород имеет высокую химическую активность, вследствие чего при взаимодействии с органическими веществами, маслами, жирами, угольной пылью и т.д. может произойти реакция, сопровождающаяся выделением большого количества теплоты и последующим воспламенением. Поэтому оборудование для хранения и транспортировки кислорода необходимо тщательно обезжировать перед наполнением кислородом. [6]. Для транспортировки данных газов используются специальные баллоны, промаркированные определенным образом: голубой цвет баллона с черной надписью для кислорода и черный цвет баллона с желтой надписью для углекислого газа. Транспортировать кислород необходимо на деревянных подкладках во избежание ударов при перевозке, это необходимо благодаря высокой взрывоопасности кислорода.

Для обеспечения равнопрочности и герметичности шва требуется полное проплавление листа. Это означает необходимость выполнения скоса кромок перед началом сварочных работ.

Согласно ГОСТ 14771-76 [7] на дуговую сварку защитном газе, для обеспечения проплавления необходимой глубины 10 мм, потребуется разделка кромок, соответствующая шву С17 со скосом двух кромок.

Параметры данного способа подготовки кромок изображены на рисунке 1 согласно [7].

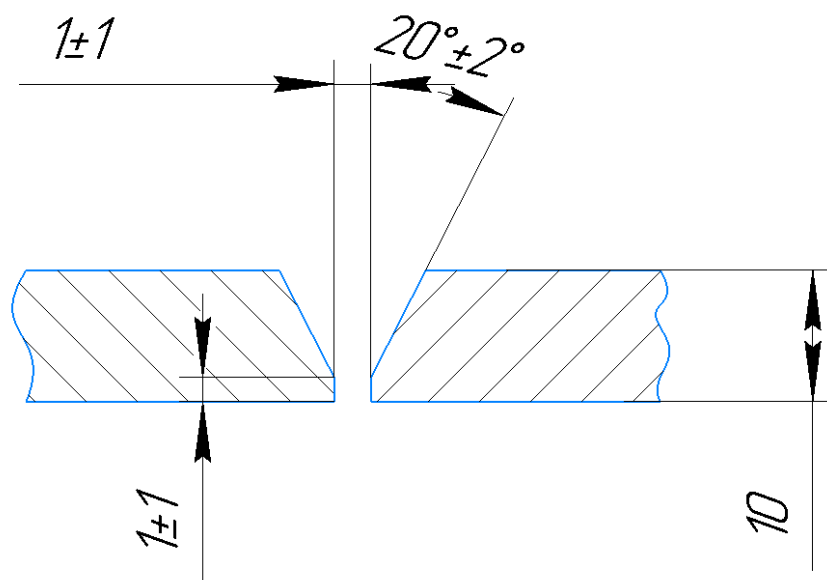


Рисунок 1 – Параметры подготовки кромки и шва

3. Разработка технологии сборки и сварки изделия

3.1 Расчет режимов сварки

3.1.1 Расчет режимов ручной дуговой сварки покрытыми электродами

Режимом сварки называют совокупность основных и дополнительных характеристик сварочного процесса, обеспечивающих получение необходимых параметров сварного шва, таких как размеры, форма и качество.

При дуговой сварке покрытыми электродами основными параметрами являются: диаметр электрода, сила сварочного тока, напряжение дуги, площадь поперечного сечения шва, выполняемого за один проход, число проходов, род и полярность тока.

Род тока, полярность тока и коэффициент наплавки указаны в паспорте на конкретную марку электродов. В случае с УОНИ 13/55К в паспорте указано: постоянный ток обратной полярности и коэффициент наплавки равен 9...10 г/А·ч.

Диаметр электрода d_e назначают в зависимости от толщины листов при сварке швов стыковых соединений (таблица 2) [8].

Таблица 2 – Диаметр электрода в зависимости от толщины листов

Вид шва	Толщина листов или катет шва, мм	Диаметр электрода, мм
Стыковой	1,5...2	1,6...2
	3	3
	4...8	4
	9...12	4...5
	13 и более	5
Угловой	3	3
	4...5	4
	6...9	5

Так как сварка данного изделия (обечайки) будет происходить преимущественно в вертикальном положении, наилучшим выбором будет –

наименьший диаметр для данной толщины (в данном случае 4 мм) для наибольшего проплавления.

Для расчета силы сварочного тока необходимо воспользоваться формулой (3.1).

$$I_{св} = \frac{\pi \cdot d_э^2}{4} \cdot j; \quad (3)$$

В данной формуле используются такие обозначения, как: $I_{св}$ – величина сварочного тока в А, которая также является искомой величиной; $d_э$ – диаметр используемого электрода, мм; j – допускаемая плотность тока, А/мм².

Величину допускаемых плотностей тока можно определить в зависимости от диаметра электрода и типа его покрытия по таблице 3[8].

Таблица 3 – Допустимая плотность тока j , А/мм², при ручной дуговой сварке покрытыми электродами

Вид покрытия	Диаметр стержня электрода, мм			
	3,0	4,0	5,0	6,0
Кислое, рутиловое	14...20	11,5...16	10...13,5	9,5...12,5
Основное	13...18,5	10...14,5	9...12,5	8,5...12
Целлюлозное	12,7...16,9	9,6...13,6	8,2...9,7	-

Электроды УОНИ 13/55К имеют основной тип покрытия и для электродов диаметром 4 мм величина допустимой плотности тока составляет 10...14,5 А/мм².

Для приближенных расчетов сварочный ток определяем по эмпирической формуле (4):

$$I_{св} = k \cdot d_э; \quad (4)$$

где k – коэффициент, принимаемый в зависимости от диаметра стержня электрода, в нашем случае $k=45$ (30...45), А/мм. Таким образом $I_{св}=45 \cdot 4=180$ А.

При сварке в вертикальном положении ток уменьшается на 10%, т.е. равен 162, согласно рекомендуемым значениям ток не должен превышать 160А.

Напряжение на дуге при сварке покрытыми электродами обычно изменяется в пределах 20...34 В. При проектировании технологических

процессов напряжение выбирается на основании рекомендаций паспорта на данную марку электрода.

Для приближенного расчета напряжения на дуге можно пользоваться выражением (5):

$$U_{д} = 20 + 0,04 \cdot I_{св} = 20 + 160 \cdot 0,04 = 26,4 \text{ В}; \quad (5)$$

Сечение первого прохода не должно превышать $30 \dots 35 \text{ мм}^2$, а последующих – $30 \dots 40 \text{ мм}^2$. Так как при слишком большом слое наплавленного металла, т.е. при заниженной скорости сварки, жидкий металл натекает на опорное пятно дуги, ухудшая теплопередачу основному металлу, то приводит к снижению эффективности проплавления основного металла и к дефектам, таким как непровар и несплавление.

Для первого прохода сечение будет равняться $F_1 = (6 \dots 8) \cdot d_3 = 30 \text{ мм}^2$, а для последующих проходов $F_n = (8 \dots 12) \cdot d_3 = 37 \text{ мм}^2$.

Для определения площади требуемого металла возьмем сумму площадей элементарных геометрических фигур, образующих разделку кромок:

$$F_n = 2 \cdot 10 + \frac{9 \cdot 9}{2} + \pi \cdot 4 = 73,1 \text{ мм}^2; \quad (6)$$

Найдем необходимое количество проходов для обеспечения заданной геометрии шва:

$$n = \frac{F_n - F_1}{F_n} + 1 = \frac{73,1 - 30}{37} + 1 = 2; \quad (7)$$

Это означает, что для получения необходимой площади сечения, необходимо 2 прохода.

Скорость дуговой сварки покрытыми электродами обычно задается и контролируется косвенно, по необходимым размерам шва и может быть определена по формуле (8):

$$V_{св} = \frac{\alpha_n \cdot I_{св}}{3600 \cdot \gamma \cdot F_n} = 1,89 \dots 2 \text{ см/с}; \quad (8)$$

где α_n – коэффициент наплавки выбранного электрода ($\text{А} \cdot \text{ч}$), в нашем случае равен $9 \dots 10 \text{ г/А} \cdot \text{ч}$;

$I_{св}$ – принятое значение сварочного тока (А), 162 А;

F_n – площадь поперечного сечения наплавленного металла за данный проход (см^2), $F_{n1}=0,3 \text{ см}^2$, $F_{n2}=0,37 \text{ см}^2$;

γ – плотность наплавленного металла за данный проход (г/см^3), $7,8 \text{ г/см}^3$ для стали.

Значение погонной энергии определяет количество энергии, вводимое в единицу длины шва ($\text{Дж}\cdot\text{с/см}$) и определяется по формуле:

$$q_{\text{п}} = \frac{q_{\text{эф}}}{V_{\text{св}}} = \frac{I_{\text{св}} \cdot U_{\text{д}} \cdot \eta_{\text{и}}}{V_{\text{св}}} = 2026 \text{ Дж}\cdot\text{с/см}; \quad (9)$$

где $\eta_{\text{и}}$ – эффективный КПД нагрева изделия дугой и равен для покрытых электродов $0,75 \dots 0,9$.

Глубина проплавления при наплавке валика, при подстановке всех констант для низкоуглеродистых и низколегированных конструкционных сталей, может определяться по формуле[8]:

$$r = 0,005588 \cdot \sqrt{q_{\text{п}}} = 45 \cdot 0,005588 = 0,252 \text{ см}; \quad (10)$$

Так как действительные условия ввода тепла в изделие при РДС отличаются от расчетной схемы, то глубина проплавления определяется по формуле (11):

$$H=(0,5 \dots 0,7) \cdot r=1,76 \text{ мм}; \quad (11)$$

При многослойной сварке нет необходимости расчета глубины проплавления у последующих проходов.

3.1.2 Расчет режимов механизированной дуговой сварки

К основным параметрам механизированной сварки в защитных газах плавящимся электродом, определяемых расчетом, относятся: сварочный ток, напряжение на дуге, скорость сварки, скорость подачи электродной проволоки. Основные параметры (род тока, полярность) устанавливают исходя из условий сварки конкретного изделия и применяемых сварочных материалов.

Расчет силы сварочного тока $I_{\text{св}}$ будет производиться по формуле:

$$I_{\text{св}} = 100 \cdot H/k_{\text{н}}; \quad (12)$$

где k_h – коэффициент пропорциональности, величина которого зависит от условий проведения сварки.

Глубина провара корневого слоя стыкового соединения с разделкой кромок или зазором согласно параметрам шва С17 [7] будет равняться $H=3$ для обеспечения провара притупления. Тогда k_h будет равняться $1,75$ мм/А.

В таком случае, сила сварочного тока будет равна

$$I_{св} = \frac{100 \cdot 3}{1,75} = 171 \text{ А};$$

Плотность тока можно выразить из формулы для определения силы сварочного тока:

$$I_{св} = \frac{\pi \cdot d_э^2}{4} \cdot j_э; \quad (13)$$

она будет рассчитываться, как

$$j_э = \frac{4}{\pi \cdot d_э^2} \cdot I_{св} = 85,1 \text{ А/мм}^2; \quad (14)$$

Согласно рекомендациям $d_э=1,2$ мм

Напряжение дуги для сварки в среде защитных газов плавящимся электродом определяется по формуле (15):

$$U_d = 17 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{d_э}} \cdot I_{св} \pm 1 = 24,8 \pm 1 \text{ В}; \quad (15)$$

Коэффициент формы провара определяется по формуле:

$$\psi_{пр} = K' \cdot (19 - 0,01 \cdot I_{св}) \frac{d_э \cdot U_d}{I_{св}} = 2,88; \quad (16)$$

где $K' = 0,92$ для постоянного тока обратной полярности

Для определения ширины шва воспользуемся формулой:

$$- = \psi_{пр} \cdot H = 2,88 \cdot 3 = 8,63 \text{ м}; \quad (17)$$

Высота валика рассчитывается по следующей формуле:

$$q = e / \psi_v = 8,63 / 8 = 1,08 \text{ мм}; \quad (18)$$

где ψ_v – коэффициент формы усиления в пределах $7 \dots 10$.

Зная эти значения, находится площадь поперечного сечения валика:

$$F_H = e \cdot q \cdot \mu_v = 8,63 \cdot 1,08 \cdot 0,73 = 6,8 \text{ мм}; \quad (19)$$

где μ_v – коэффициент полноты валика равный $0,73$.

Для определения скорости перемещения сварочной дуги необходимо воспользоваться методикой расчет по требуемой площади сечения наплавленного металла:

$$V_{\text{св}} = \frac{\alpha_{\text{н}} \cdot I_{\text{св}}}{3600 \cdot \gamma \cdot F_{\text{н}}} = \frac{8,44 \cdot 171}{3600 \cdot 7,8 \cdot 0,068} = 0,75 \text{ см/с}; \quad (20)$$

При сварке в среде углекислого газа величина коэффициента наплавки существенно отличается от величины коэффициента расплавления, и рассчитывается по формуле:

$$\alpha_{\text{н}} = \alpha_{\text{р}}(1 - \psi_{\text{п}}) = 9,078 \cdot (1 - 0,07) = 8,44; \quad (21)$$

Коэффициент расплавления согласно формуле:

$$\alpha_{\text{р}} = 9,05 + 3,1 \cdot 10^{-3} \cdot \sqrt{I_{\text{св}}} \cdot \frac{1}{d^2} = 9,078; \quad (22)$$

Коэффициент потерь $\psi_{\text{п}}$ согласно формуле:

$$\psi_{\text{п}} = -4,72 + 17,6 \cdot 10^{-2} \cdot j - 4,48 \cdot 10^{-4} \cdot j^2 = 7,04 \% ; \quad (23)$$

Скорость подачи электродной проволоки при механизированной сварке определяют по формуле:

$$V_{\text{пэл}} = \frac{\alpha_{\text{р}} \cdot I_{\text{св}}}{3600 \cdot \gamma \cdot F_{\text{эл}}} = \frac{9,078 \cdot 171}{3600 \cdot 7,8 \cdot 3,14 \cdot 0,12^2} = 1,21 \text{ см/с}; \quad (24)$$

Имея полученные данные, можно посчитать высоту заполнения разделки одним проходом:

$$q'_0 = \sqrt{\frac{F_{\text{н}} - C \cdot b}{t \cdot g \alpha / 2}} = \sqrt{\frac{6,8 - 4,09 \cdot 2}{0,5}} = 2,07 \text{ мм}; \quad (25)$$

Полагая, что при сварке на принятом режиме с разделкой кромок общая высота шва не меняется, определяется глубина провара притупления:

$$H'_0 = C - q'_0 = 4,09 - 2,07 = 2,02 \text{ мм}; \quad (26)$$

Площадь полученного поперечного сечения слоев с одной стороны сварного шва, после корневого будет рассчитываться по формуле:

$$F_{\text{п}} F_{\text{н}}^0 - F_{\text{н}} = 73,1 - 10,33 = 62,77 \text{ мм}^2; \quad (27)$$

Учитывая рекомендации по количеству наплавленного металла за один проход. При сварке проволокой диаметром 1,2...2 мм площадь первого прохода – 20...40 мм², площадь второго прохода – 40...60 мм², площадь последующих

проходов составляет 40...70 мм², для обеспечения наплавки необходимого количества металла потребуется всего два прохода: корневой и облицовочный.

Назначим глубину проплавления последующих проходов равную 5 и используя формулы (15) - (26) рассчитаем режимы последующего прохода:

$$I_{CB} = 100 \cdot H / k_h = 100 \cdot 5 / 1,75 = 285,7 \text{ А}; \quad (28)$$

$$j_{\text{э}} = \frac{4}{\pi \cdot d_3^2} \cdot I_{CB} = 142,2 \text{ А/мм}^2; \quad (29)$$

$$U_{\text{д}} = 17 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{d_3}} \cdot I_{CB} \pm 1 = 28,3 \pm 1 \text{ В}; \quad (30)$$

$$\psi_{\text{пр}} = K' (19 - 0,01 \cdot I_{CB}) \frac{d_3 \cdot U_{\text{д}}}{I_{CB}} = 2,35; \quad (31)$$

Для определения ширины шва воспользуемся формулой:

$$e = \psi_{\text{пр}} \cdot H = 2,14 \cdot 5 = 11,75 \text{ мм}; \quad (32)$$

Высота усиления:

$$q = e / \psi_{\text{в}} = 11,75 / 8 = 1,47 \text{ мм}; \quad (33)$$

где $\psi_{\text{в}}$ – коэффициент формы усиления в пределах 7...10.

Зная эти значения, находится площадь поперечного сечения валика:

$$F_{\text{н}} = e \cdot q \cdot \mu_{\text{в}} = 11,75 \cdot 1,47 \cdot 0,73 = 12,61 \text{ мм}^2; \quad (34)$$

где $\mu_{\text{в}}$ – коэффициент полноты валика равный 0,73.

Для определения скорости перемещения сварочной дуги необходимо воспользоваться методикой расчет по требуемой площади сечения наплавленного металла:

$$V_{\text{CB}} = \frac{\alpha_{\text{н}} I_{\text{CB}}}{3600 \cdot \gamma \cdot F_{\text{н}}} = \frac{7,95 \cdot 238,1}{3600 \cdot 7,8 \cdot 0,092} = 0,98 \text{ см/с}; \quad (35)$$

При сварке в среде углекислого газа величина коэффициента наплавки существенно отличается от величины коэффициента расплавления, и рассчитывается по формуле:

$$\alpha_{\text{н}} = \alpha_{\text{р}} (1 - \psi_{\text{п}}) = 9,083 \cdot (1 - 0,1125) = 8,06; \quad (36)$$

Коэффициент расплавления:

$$\alpha_{\text{р}} = 9,05 + 3,1 \cdot 10^{-3} \sqrt{I_{\text{CB}}} \cdot \frac{1}{d_3^2} = 9,083; \quad (37)$$

Коэффициент потерь $\psi_{п}$:

$$\psi_{п} = -4,72 + 17,6 \cdot 10^{-2} \cdot j - 4,48 \cdot 10^{-4} \cdot j^2 = 11,25 \% \quad (38)$$

Скорость подачи электродной проволоки при механизированной сварке определяют по формуле:

$$V_{пэл} = \frac{\alpha_p I_{св}}{3600 \cdot \gamma \cdot F_{эл}} = \frac{9,083 \cdot 285,7}{3600 \cdot 7,8 \cdot 3,14 \cdot 0,12^2} = 1,56 \text{ см/с}; \quad (39)$$

Расход углекислого газа, согласно рекомендациям, при толщине металла более 8 мм и диаметре проволоки 1,2 мм должен составлять около 11-16 л/мин в зависимости от внешних условий работы, например, ветра. В нашем случае, изготовление происходит будет в цеху, поэтому можно назначить расход 11 л/мин.

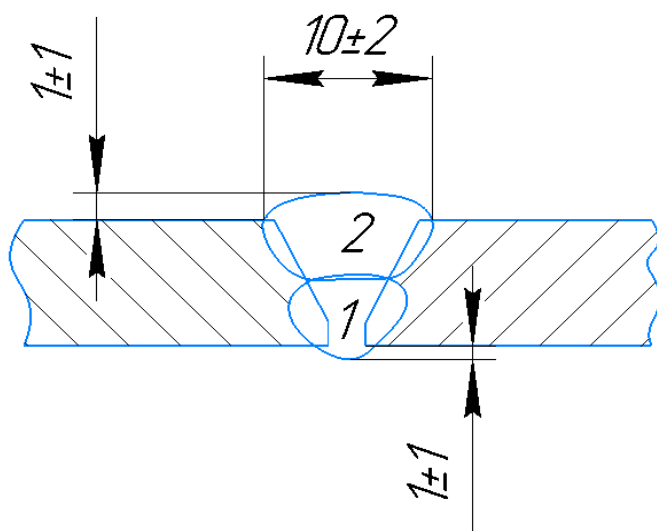


Рисунок 2 – Параметры сварного шва

3.2 Расчет химического состава и механических свойств металла шва

Химический состав металла шва влияет на эксплуатационную и технологическую прочность шва. Химический состав определяется составом основного и электродного металла и долей их участия в сформированном шве,

а значит способом и режимом сварки. Поэтому при оценке режима сварки по структурным критериям иногда нужна корректировка этих режимов.

Состав металла шва в пределах одного слоя является полностью однородным. Поэтому в расчётах химического состава слоя или шва учитывается доля участия основного металла шва

$$R_{ш} = R_0 \cdot \gamma_0 + (1 - \gamma_0) \cdot R_э \pm \Delta R \quad (40)$$

где $R_{ш}$ - содержание рассчитываемого элемента, %;

R_0 - содержание того же элемента в основном металле, %;

$(1 - \gamma_0)$ - доля участия электродного металла в металле шва, %;

$R_э$ - содержание рассчитываемого элемента в металле, наплавленным данной маркой электродов, %;

γ_0 - доля участия основного металла в металле шва, %;

ΔR - переход данного металла из покрытия или газа в шов, %

Поскольку в наиболее неблагоприятных условиях находится корневой шов (при многослойной и многопроходной сварке), ограничимся расчётом его химического состава.

Определим долю участия основного металла в металле корневого слоя шва при помощи формулы:

$$\gamma_0 = \frac{F_{пр}}{(F_{пр} + F_H)}; \quad (41)$$

где F_H - площадь сечения наплавленного металла (мм^2) = 10,33 мм^2 ;

$F_{пр}$ - площадь сечения проплавленного металла (мм^2), которая приближённо может быть определена по формуле:

$$F_{пр} = 0.73 \cdot e \cdot H \quad (42)$$

при этом ширину сварного шва возьмём из расчетов в пункте 5 ($e = 10,64$ мм), требуемая глубина провара $H = 2$ мм, тогда подставив значения в формулу (42), получим:

$$F_{пр} = 0,73 \cdot 10,64 \cdot 2 = 15,53 \text{ мм}^2; \quad (43)$$

Следовательно:

$$\gamma_0 = \frac{15,53}{15,53+10,33} = 0,6; \quad (44)$$

Для определения последующего химического состава шва, необходимо знать химический состав электродов. Химический состав проволоки СВ-10Г2 приведен в таблице 4.

Таблица 4 – химический состав проволоки СВ-10Г2

C	Si	Mn	Cr	Ni	S	P
0,12	0,06	1,5-1,9	0,2	0,3	0,03	0,03

Определяем по формуле химический состав металла корневого слоя шва для механизированной сварки в среде защитных газов[8]:

$$[C]: R_{ш} = 0,12 \cdot 0,6 + (1 - 0,6) \cdot 0,12 = 0,12\%; \quad (45)$$

$$[Si]: R_{ш} = 0,8 \cdot 0,6 + (1 - 0,6) \cdot 0,06 = 0,504\%; \quad (46)$$

$$[Cr]: R_{ш} = 0,3 \cdot 0,6 + (1 - 0,6) \cdot 0,2 = 0,26\%; \quad (47)$$

$$[Mn]: R_{ш} = 1,3 \cdot 0,6 + (1 - 0,6) \cdot 1,9 = 0,02\%; \quad (48)$$

$$[Ni]: R_{ш} = 0,3 \cdot 0,6 + (1 - 0,6) \cdot 0,3 = 0,3\%; \quad (49)$$

$$[P]: R_{ш} = 0,03 \cdot 0,6 + (1 - 0,6) \cdot 0,03 = 0,03\%; \quad (50)$$

$$[S]: R_{ш} = 0,035 \cdot 0,6 + (1 - 0,6) \cdot 0,03 = 0,033\%; \quad (51)$$

Экспериментальное определение механических характеристик металла швов позволило установить коэффициенты влияния каждого химического элемента и составить эмпирическое выражение для расчёта ожидаемых механических характеристик металла шва низколегированных швов. Поэтому рекомендуют использовать эмпирические зависимости используя данные, полученные в выражениях (45) – (51):

Предел прочности, МПа:

$$\sigma_{вш} = 4,8 + 50C + 25,2Mn + 17,5Si + 23,9Cr + 7,7Ni + 8W + 70Ti + 17,6Cu + 29Al + 16,8Mo = 4,8 + 6 + 0,504 + 8,85 + 6,24 + 2,31 + 0 + 0 + 5,28 + 0 + 0 = 39,26; \quad (52)$$

Относительное удлинение шва:

$$\delta_{ш} = 50,4 - (21,8C + 15Mn + 49Si + 5,8Cr + 2,4Ni + 2,2W + 6,6Ti + 6,2Cu) + 17,1Al + 2,7Mo = 50,4 - 3,75 - 3,9 - 24,7 - 1,508 - 0,72 - 0 - 0 - 1,86 + 0 + 0 = 13,96 ; \quad (53)$$

Ударная вязкость шва при $T=293\text{ K}$, Дж/см²

$$KCU_{\text{ш}}=23,3-(25,7C+6,4Mn+8,4Si+2,4Cr+1,6Ni+0,5W+15,4Ti+4Cu+18Al+1,4Mo)=23,3-3,08-0,128-4,23-0,624-0,48-0-0-1,2-0-0=13,56; \quad (54)$$

Предел текучести шва, МПа:

$$\sigma_{\text{тш}}=0,73 \cdot \sigma_{\text{вш}}=28,66; \quad (55)$$

Относительное поперечное сужение, %:

$$\psi_{\text{ш}}=2,32 \cdot \delta_{\text{ш}}=32,59. \quad (56)$$

3.3 Расчет расхода сварочных материалов

Для данного способа сварки необходимо определить расход сварочных материалов. Расход сварочных материалов определяется количеством наплавленного металла, который напрямую зависит от типа сварного соединения и геометрических размеров сварного шва. Для расчёта требуемого количества сварочных материалов необходимо знать площадь наплавленного металла, длину провариваемого участка и плотность наплавленного металла. Зная перечисленные величины, можно определить массу наплавленного металла.

Так как ручная дуговая сварка имеет гораздо больший расход металла в связи с остатком огарков и практическом отсутствии перехода элементов покрытия в шов, худшим качеством шва по сравнению с механизированной сваркой дальнейшие расчеты будет целесообразно проводить исключительно для механизированной сварки.

Для механизированной сварки плавящимся электродом в среде защитных газов количество электродного металла определяется в зависимости от количества наплавленного металла и коэффициента потерь при сварке $\psi_{\text{п}}$ определяемого при расчете режимов сварки и равного 11,25%

$$G_{\text{з}} = G_{\text{н}} \cdot (1 + \psi_{\text{п}}) = 855 \cdot (1 + 0,1125) = 951,5 \text{ г}; \quad (57)$$

$G_{\text{н}}$ – масса наплавленного металла на один поперечный шов, определяемая по формуле:

$$G_n = F_n \cdot l_{ш} \cdot \gamma_n = 0,731 \cdot 150 \cdot 7,8 = 855,27 \text{ г}; \quad (58)$$

Изготавливаться обечайка будет из сваренных между собой полос шириной 1500 мм и длиной 4700 мм, согласно сортаменту широкополосному горячекатаному, поперечный шов которых составит 1500 мм, что и будем считать $l_{ш}$.

Расход защитного газа назначается при расчете режимов сварки. Для того, чтобы определить общий объем газа, необходимо учесть время для выполнения сварного соединения, скорость сварки возьмем из п.6:

$$t = \frac{l_{шв}}{V_{св}} = \frac{1500\text{мм}}{5\text{мм/с}} = 300\text{с}; \quad (59)$$

$$Q_r = t \cdot Q_{мин} = 5 \cdot 11 = 55 \text{ л}. \quad (60)$$

3.4 Технология сборки и сварки изделия

Технологический процесс состоит из целого ряда технологических операций, которые выполняются в строго определенной последовательности. Согласно ГОСТ 3.1109-82 [9] технологической операцией является законченная часть технологического процесса, выполняемая на одном рабочем месте.

Обеспечение технологичности конструкции изделия регламентируется ГОСТ 14.201-83 [10], данный стандарт устанавливает основные положения, систему показателей, последовательность и содержание работ по обеспечению технологичности.

Технологический процесс изготовления включает в себя:

- правка проката; осуществляется в холодном состоянии местной пластической деформацией.; от ржавчины и грязи листы очищаются с помощью шабера и щетки;
- резка; производится на станке плазменной резки с ЧПУ; подготовка чертежей для резки осуществляется в компьютерных программах;

- обработка кромок; выполняется на специальных кромкострогальных станках и с помощью кромкофрезерных машин, а так же производится зачистка под сварку на ширину в 20 мм от торца с обеих сторон;
- вальцовка листа; выполняется на четырехвалковом листогибочном станке с ЧПУ;
- сборка стыков обечаек под сварку, смещение кромок не боле 1 мм;
- прихватка стыков, зачистка прихваток; зачистку производят с помощью УШМ;
- сварка обечаек по технологической карте сварки.; зачистка корня шва;
- зачистка шва от шлака;
- калибровка обечаек;
- контроль согласно карте контроля сварных швов.

Помимо контроля на соответствие общим требованиям, каждая партия сварочной проволоки для механизированных способов сварки, а также для ручной аргонодуговой сварки перед выдачей на производственный участок должна быть проконтролирована на соответствие требованиям ГОСТ 2246-70 по качеству и состоянию поверхности путем внешнего осмотра поверхности проволоки в каждой бухте (мотке, катушке) на отсутствие окалины, ржавчины, следов смазки, задигов, вмятин и других дефектов и загрязнений. Если же поверхность проволоки загрязнена или покрыта ржавчиной, то перед употреблением ее необходимо очистить. Проволоку очищают перед или при намотке ее на кассеты в специальных станках, используя наждачные круги. Для удаления масел используют ацетон по ГОСТ 2768-84 или спирт-ректификат по ГОСТ 5962-67. Для устранения влаги необходимо применять термическую обработку: прокалку при температуре 100-150°C. Допускается обрабатывать проволоку в 20%-ом растворе серной кислоты с последующей прокалкой при температуре 250°C в течение 2-2,5 ч.

Баллоны перед сваркой необходимо проверить на наличие/отсутствие дефектов а также на наличие и соответствие нормам сопроводительной документации согласно РД 34.10.125-94[14].

Разделку кромок осуществлять газокислородной резкой и зачищать абразивным инструментом на ширину примерно 20 мм.

Сборка элементов конструкции должна производиться на тщательно выверенных стеллажах (стендах). В процессе сборки должно быть исключено попадание влаги, масла и других загрязнений в разделку и зазоры соединений и на прилегающие к нему поверхности.

Детали должны поступать на сборку зачищенными и обезжириваться перед сборкой и непосредственно перед сваркой.

Сборка соединений под сварку должна производиться на прихватках. Прихватки должны выполняться сварщиками, имеющими право на производство сварочных работ. Прихватка длиной 30-50 мм каждая с шагом 200-500 мм выполняется ручной аргонодуговой сваркой с присадочной проволокой или без нее или ручной электродуговой сваркой [12].

Формы кромок и размеры зазоров при сборке свариваемых соединений, а также выводных планок должны соответствовать величинам, указанным на рисунке 1.

Все уступы и неровности, имеющиеся на сборочных деталях, препятствующие плотному их соединению, надлежит до сборки устранять зачисткой с помощью абразивного круга.

В случае стыковки деталей одинаковой толщины смещение одного элемента относительно другого по толщине (ступенька) не должно превышать 1,5 мм.

Сборка соединений под сварку должна производиться на прихватках. Прихватки должны выполняться сварщиками, имеющими право на производство сварочных работ. Прихватка длиной 30-50 мм каждая с шагом 200-500 мм выполняется ручной аргонодуговой сваркой с присадочной проволокой или без нее, либо ручной электродуговой сваркой.

Сборочные прихватки должны выполняться той же сварочной проволокой и на тех же режимах, что и основная сварка.

Прихватки должны быть проконтролированы внешним осмотром на отсутствие поверхностных дефектов. Требования к качеству прихваток должны соответствовать требованиям, предъявляемым к сварным швам изделий.

Прихватки, имеющие недопустимые дефекты, следует удалять механическим способом или воздушно-дуговой строжкой и выполнять вновь.

Сварку основного шва следует вести обратноступенчатым способом. Обратноступенчатый способ состоит в том, что длинный предлагаемый к исполнению шов делят на сравнительно короткие ступени. Такое выполнение шва по длине и сечению обеспечивает наиболее равномерное распределение температур, что значительно уменьшит общие остаточные деформации свариваемого изделия.

3.5 Выбор оборудования

Для изготовления обечаек и заготовок для днищ применяют заготовки из листового проката, поставляемого по ГОСТ 19903-2015 [11]. Для получения заготовок требуемых геометрических размеров и формы проводится резка металла.

Для раскроя листа металла с целью дальнейшего изготовления из него обечайки можно использовать станок плазменной резки с ЧПУ «СПР 6020». На данном станке вырезается необходимая форма листа для будущей обечайки.

Таблица 5 – Основные технические характеристики машины плазменной резки СПР 6020

Параметр	Значение
Размер рабочего поля, мм	6100,0×2100,0
Габариты станка, мм	6700,0×2650,0
Максимальная грузоподъемность станка, кг	4000

Продолжение таблицы 5

Максимальная толщина разрезаемого металла, мм	До 50
Температура эксплуатации, гр. С	0...35
Вертикальный ход перемещения резака Z, мм	180
Точность позиционирования, мм	0,1
Точность плазменной резки (зависит от толщины металла), мм	0,1
Максимальная скорость холостого хода, м/мин	15
Компрессор, атм	6
Бесконтактные аварийные датчики, шт	3
Стойка управления ЧПУ с компьютером и монитором, шт	1

Для нарезания кромок по краям листа используется кромкострогальный станок 7808. Станок модели 7808 предназначен для обработки методом строгания горизонтальных, вертикальных и наклонных поверхностей кромок листов из черных и цветных металлов. Технические характеристики кромкострогального станка представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Технические характеристики кромкострогального станка 7808

Параметр	Значение
Наибольшие размеры обрабатываемого изделия	
Длина, мм	8000
Ширина, мм	2000
Высота, мм	200
Количество гидравлических прижимов листа, шт	8
Количество ручных прижимов листа, шт	3
Количество суппортов, шт	2

Продолжение таблицы 6

Габариты станка	
Длина, мм	14150
Ширина, мм	4500
Высота, мм	3250
Масса станка, кг	38500

Для механизированной сварки в защитном газе выбираем аппарат сварочный Kemppi X3 MIG Welder. Это полуавтомат, отвечающий всем необходимым современным требованиям. Источник показывает отличные результаты и высокую стабильность при высоконагруженном производстве.

Технические характеристики Kemppi X3 MIG Welder представлены в таблице 6.

Таблица 7 – Технические характеристики Kemppi X3 MIG Welder

Наименование параметра	Значение
Диапазон регулирования сварочного тока, А	25 - 400
Напряжение питающей сети, В	380
Сила тока при ПВ 60%, А	400
ПВ на макс токе при температуре окружающей среды 40°C, %	35
Частота тока в сети, Гц	50
Максимальная потр. Мощность, кВт	17,6
Скорость подачи проволоки, м/мин	0,5-25
Напряжение холостого хода, В	57
Габариты, мм	629x230x414
Масса, кг	32
Класс защиты	IP23S

3.6 Деформации и напряжения при сварке и меры борьбы с ними

На величину деформации влияет теплопроводность свариваемого металла: чем выше теплопроводность, тем равномернее распределяется тепловой поток и тем меньше деформация. Поэтому при сварке нержавеющей сталей, обладающих меньшей теплопроводностью и большим коэффициентом линейного расширения, деформации получаются большими, чем при сварке низкоуглеродистой стали. Алюминий же, обладающий более высоким коэффициентом линейного расширения, но значительно лучше проводящий тепло, дает при сварке меньшие деформации по сравнению с низкоуглеродистой сталью. Неравномерное нагревание металла. Наличие сосредоточенного источника тепла (сварочное пламя, электрическая дуга), перемещающегося вдоль шва с какой-то скоростью и вызывающего неравномерное нагревание металла при сварке, является основной причиной возникновения внутренних напряжений и деформаций в сварных изделиях.

Различают:

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

В зависимости от времени существования собственных напряжений и деформаций различают:

- остаточные, остаются в изделии после снятия нагрузки;
- временные, существующие в конструкции лишь в определенный момент времени.

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

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

- напряжения II-го рода – уравниваются в микрообъеме тела в пределах одного или нескольких зерен;
- напряжения III-го рода – уравниваются в объемах соизмеримых с атомной решеткой и связаны с искажениями атомной решетки.

Напряжения также можно разделить по направлению действия:

- продольные вдоль оси шва;
- поперечные перпендикулярно оси шва.

Если не принимать соответствующие меры, сочетание продольных, поперечных и угловых деформаций может привести к существенному изменению формы сварной конструкции и сделать её непригодной для эксплуатации.

По виду напряженного состояния сварочные швы бывают:

- линейные (одноосные);
- плоскостные (двуосные);
- объемные (трехосные).

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

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

2. Мероприятия, обеспечивающие последующее исправление деформаций. Устранение деформаций после сварки называется правкой сварной конструкции. Правка бывает механической, термической или термомеханической. Термическая правка осуществляется путём местного нагрева конструкции. О результатах правки можно судить только после полного остывания конструкции. Механическая правка также бывает общей и местной. Она может производиться на специальных машинах, прессах и вручную. Механическая правка менее желательна, чем термическая, т. к. не все

материалы позволяют производить правку на холодную. Термомеханическая правка осуществляется чаще всего. Например, когда соединение нагревают до температуры 200...300⁰С и формируют с помощью различных приспособлений и инструментов нагрузку для правки сварной конструкции.

3.7 Выводы по разделу

В результате выполнения данного раздела была разработана технология механизированной сварки в среде защитных газов стыкового соединения листов из стали 09Г2С. Сварка покрытыми электродами в данном случае оказалась нецелесообразной, так как швы имеют большую протяженность, конструкция требует добавления легирующих элементов, хоть и не в большом количестве, что не может обеспечить покрытый электрод, а так же при сварке обечайки потребуется много сварочного материала, вследствие чего повысится расход электродов в связи с появлением огарков.

Также были осуществлены расчёты режимов для сварки, при помощи которых можно осуществить сварку данной конструкции по всей длине, обеспечивая при этом полное проплавление, однако, перед началом сварки необходимо выполнить корректировку режимов в зависимости от действительных условий для обеспечения получения необходимых параметров шва. А также были выбраны сварочные материалы, оборудование для сборки и сварки обечайки.

Приложение А является комплектом технологической документации на изготовление конструкции, разработанная в связи с вышеперечисленными расчетами.

4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

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

4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Выпускная квалификационная работа по теме «Технология сборки и дуговой сварки обечайки диаметром 1500 мм из стали 09Г2С толщиной 10 мм» выполняется в рамках научно-исследовательской работы для организации ООО «Томскнефтехим». Заинтересованными лицами в полученных данных будут являться сотрудники организации. Задача работы заключается в исследовании и разработке процесса сборки и дуговой сварки обечайки.

Для успешного внедрения научной разработки необходимо изучить преимущества и недостатки конкурирующих методов сварки, чтобы вносить соответствующие поправки во время создания технологии для её лучшего продвижения на рынке в будущем.

Таблица 8 – Сегментирование рынка

		Показатель		
		Низкий	Средний	Высокий
Технологические свойства	Качество сварного шва	3	2,3	1
	Скорость сварки	3	2	1
	Возможность сварки тонколистового металла	3	2,3	1

Примечание:

1. Механизированная сварка в среде CO₂ – Исп. 1;
2. Механизированная сварка самозащитной проволокой – Исп. 2;
3. Ручная дуговая сварка плавящимся электродом – Исп. 3.

Результат сегментирования показал, что уровень конкуренции низок. Ручная дуговая сварка плавящимся электродом, как видно из сегментирования, хороший способ сварки, при помощи которого можно получать качественные сварные соединения.

4.1.2 Анализ конкурентных технических решений

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

Таблица 9 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _{с1}	Б _{с2}	Б _{с3}	К _{с1}	К _{с2}	К _{с3}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Удобства в эксплуатации	0,15	3	3	5	0,45	0,45	0,75
2. Затраты сварочного материала	0,2	2	2	4	0,4	0,4	0,8
3. Качество сварного соединения	0,15	5	4	4	0,75	0,6	0,6
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Цена	0,05	2	2	4	0,1	0,1	0,2
2. Предполагаемый срок эксплуатации	0,2	5	5	5	1	1	1
3. Конкурентоспособность работы	0,25	5	5	4	1,25	1,25	1
Итого	1	22	25	26	3,95	3,8	4,35

Где Б_{с1} – механизированная сварка в среде CO₂;

Б_{с2} – механизированная сварка самозащитной проволокой;

Б_{с3} – ручная дуговая сварка плавящимся электродом.

Критерии для сравнения и оценки ресурсоэффективности и ресурсосбережения, подбираются, исходя из выбранных объектов сравнения с учетом их технических и экономических особенностей разработки, создания и эксплуатации.

Анализ конкурентных технических решений определяем по формуле [15]:

$$K = \sum B_i \cdot \text{Б}_i \quad (61)$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

Б_i – балл i -го показателя.

По результатам расчета видно, что предложенный метод конкурентоспособен по сравнению с аналогичными видами сварки. Наибольшие преимущества наблюдаются в удобстве эксплуатации, затратах на сварочные материалы и в сроке эксплуатации.

4.1.3 SWOT – анализ

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ проекта. SWOT-анализ применяют для определения сильных и слабых сторон проекта (табл. 10).

Таблица 10 – Матрица SWOT

Сильные стороны	Слабые
<ul style="list-style-type: none"> • Широкая область применения; • Использование современного оборудования; • Актуальность проекта; • Возможность выполнения сварного шва во всех пространственных положениях; • Наличие опытного руководителя; • Наличие патента на разработку. 	<ul style="list-style-type: none"> • Развитие новых технологий; • Перенастройка оборудования; • Прямая зависимость качества сварного шва от квалификации рабочего; • Много конкурентных фирм.

Продолжение таблицы 10

Возможности	Угрозы
<ul style="list-style-type: none"> • Получение качественных сварных соединений • Регулирование производительности • Повышение стоимости конкурентных разработок • Применения оборудования, работающего в полевых условиях. 	<ul style="list-style-type: none"> • Появление новых технологий • Государство не даст средства для реализации темы. • Введение дополнительных государственных требований и сертификации программы. • Зависимость, незначительная от поставщика.

В результате проведения SWOT анализа были выявлены основные проблемы, с которыми сталкивается или может столкнуться в будущем предприятие, применяя ручную дуговую сварку плавящимся электродом. Из матрицы SWOT видно, что необходимо сделать упор на такие сильные стороны, как возможность выполнения сварного шва во всех пространственных положениях, широкая область применения, так как именно эти сильные стороны проекта связаны с наибольшим количеством возможностей. Что касается слабых стороны, необходимо обратить внимание на улучшение технических параметров и на создании штата из квалифицированных работников. Работа над этими недостатками позволит повысить конкурентоспособность, уменьшить влияние внешних угроз на проект.

4.2 Планирование научно-исследовательских работ

4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Прежде чем начать работу над проектом, необходимо провести планирование этапов работы, обозначив при этом занятость каждого из участников, а также привести сроки выполнения каждого этапа. Структура работ и распределение занятости исполнителей приведены в таблице 11.

Таблица 11 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ работы	Содержание работ	Должность исполнителя
Создание проекта	1	Составление и утверждение темы проекта	Руководитель
	2	Анализ актуальности темы	
Выбор направления исследования	3	Поиск и изучение материала по теме	Инженер
	4	Выбор направления исследований	Руководитель, инженер
	5	Календарное планирование работ	
Теоретические исследования	6	Изучение литературы по теме	Инженер
	7	Подбор нормативных документов	
	8	Изучение установки	
Оценка полученных результатов	9	Анализ результатов	Руководитель, инженер
	10	Вывод по цели	

Исходя из таблицы 11 можно сделать вывод о том, что руководитель и инженер, в целом, выполняют одинаковый объем работ.

4.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Трудоёмкость выполнения исследования оценивается экспертным путём в силу вероятностного характера величины. За единицу измерения трудоёмкости

принимаются человеко-дни. Ожидаемая трудоёмкость рассчитывается по формуле [61]:

$$t_{ож\ i} = \frac{3t_{min\ i} \cdot 2t_{max\ i}}{5} \quad (62)$$

где $t_{ож\ i}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы человеко-дней;

$t_{min\ i}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), человеко-дней;

$t_{max\ i}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), человеко-дней.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях, учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями. Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы, так как удельный вес зарплаты в общей сметной стоимости научных исследований составляет около 65 %.

$$T_{Pi} = \frac{t_{ож\ i}}{ч_i}, \quad (63)$$

где T_{Pi} – продолжительность одной работы, рабочих дней;

$t_{ож\ i}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, человеко-дней;

$ч_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, человек [15].

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

$$T_{ki} = T_{Pi} \cdot k_{\text{кал}} \quad (64)$$

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 [15]:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (65)$$

где $T_{\text{кал}} = 365$ – количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}} = 104$ – количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}} = 14$ – количество праздничных дней в году.

Тогда:

$$k_{\text{кал}} = \frac{365}{365 - 104 - 14} = 1,47.$$

Все рассчитанные значения вносим в таблицу 12. После заполнения таблицы 12 строим календарный план-график (табл. 13).

График строится для максимального по длительности исполнения работ, в рамках научно-исследовательского проекта с разбивкой по месяцам и декадам (10 дней) за период времени дипломирования. При этом работы на графике выделим различной штриховкой в зависимости от исполнителей.

Таблица 12 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоемкость работы									Исполнители	Длительность работ в рабочих днях, T_{pi}			Длительность работ в рабочих днях, T_{ki}		
	t_{min} , человеко-дни			t_{max} , человеко-дни			$t_{ож}$, человеко-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 темы проекта	1	1	1	3	3	3	1,8	1,8	1,8	Руководитель	2	2	2	3	3	3
Анализ актуальности темы	1	1	1	3	3	3	1,8	1,8	1,8	Руководитель-инженер	1	1	1	2	2	2
Поиск и изучение материала по теме	1	1	1	5	5	5	2,6	2,6	2,6	Инженер-руководитель	1	1	1	2	2	2
Выбор направления исследований	1	2	2	3	4	4	1,4	2,8	2,8	Руководитель	1	2	2	2	3	3
Календарное планирование работ	1	1	1	3	3	3	1,8	1,8	1,8	Руководитель	2	2	2	3	3	3
Изучение литературы по теме	7	7	7	14	14	14	9,8	9,8	9,8	Инженер	10	10	10	15	15	15
Подбор нормативных документов	5	6	6	8	9	9	6,2	7,2	7,2	Инженер-руководитель	3	4	4	5	6	6
Изучение результатов	1	2	2	2	3	3	1,4	3	3	Инженер	2	3	3	3	5	5
Проведение расчётов по теме	5	6	6	8	9	9	6,2	7,2	7,2	Инженер	7	8	8	10	11	11
Анализ результатов	1	1	1	4	4	4	2,2	2,2	2,2	Инженер-руководитель	2	2	2	3	3	3
Вывод по цели	1	1	1	4	4	4	2,2	2,2	2,2	Инженер	3	3	3	4	4	4

Таблица 13– Календарный план-график проведения ВКР по теме

№ работ	Вид работ	Исполнители	Т _{ки} , кол-во дней	Продолжительность выполнения работ										
				Март			Апрель			Май				
				1	2	3	1	2	3	1	2	3		
1	Составление и утверждение проекта	Руководитель	3	■										
2	Анализ актуальности темы	Руководитель – инженер	2	■	▨									
3	Поиск и изучение материала по теме	Руководитель	2		▨									
4	Выбор направления исследований	Руководитель	2		▨									
5	Календарное планирование работ	Руководитель	3		▨									
6	Изучение литературы по теме	Инженер	15			■								
7	Подбор нормативных документов	Инженер - руководитель	5				■	▨						
8	Изучение установки	Инженер	6					■						
9	Моделирование установки	Инженер	3						■					
10	Изучение результатов	Инженер	3								■			
11	Проведение расчётов по теме	Инженер	10								■			
12	Анализ результатов	Инженер - руководитель	2								■	▨		
13	Вывод по цели	Инженер	1										■	

■ – Инженер; ▨ – Руководитель.

Исходя из таблицы 13 видно, что данный проект занимает 57 дней от начала составления и утверждения проекта до вывода по цели.

4.3 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

При планировании бюджета НТИ необходимо обеспечить полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением. В процессе формирования бюджета надо использовать следующие группировки по статьям:

- материальные затраты НТИ;
- 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.

4.3.1 Расчет материальных затрат НТИ

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расх\ i} \quad (66)$$

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

$N_{расх\ i}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, m^2 и т. д.);

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

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Транспортные расходы принимаются в пределах 15-25% от стоимости материалов.

В таблицы 14 представлены стоимость материалов, используемых при разработке проекта.

Таблица 14– Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество			Цена за ед., руб.			Затраты на материалы, (З _м), тыс. руб.		
		Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
Сварочные материалы	кг	3	4,5	3	600	1000	300	2,16	5,4	1,08
Используемые газы	литр	15	-	-	17	-	-	0,306	-	-
Итого								2,46	5,4	1,08

Исходя из полученных значений из таблицы 14, делаем вывод о том, что ручная дуговая сварка плавящимся электродом является дешевым вариантом из вышеперечисленных. Дороговизна механизированной сварки, в свою очередь, обусловлена дорогими материалами, используемыми в этих способах.

4.3.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ

В данную статью включают все затраты, связанные с приобретением специального оборудования (приборов, контрольно-измерительной аппаратуры, стендов, устройств и механизмов), необходимого для проведения работ над разрабатываемым проектом.

При приобретении спецоборудования необходимо учесть затраты по его доставке и монтажу в размере 15% от его цены.

Таблица 15– Расчет бюджета затрат на приобретение спецоборудования

№ п/п	Наименование оборудования	Количество единиц оборудования			Цена за единицы оборудования, тыс. руб.			Общая стоимость оборудования, тыс руб.		
		Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
1	Источник питания	1	1	1	100	100	40	120	120	48
2	Механизм подачи проволоки	1	1	-	70	70	-	84	84	-
3	Ноутбук	1	1	1	50	50	50	60	60	60
4	Принтер	1	1	1	10	10	10	12	12	12
Итого								276	276	120

Расчет бюджета затрат на приобретение спецоборудования наглядно показал высокую стоимость оборудования для механизированной сварки в CO_2 и самозащитной проволокой более чем в 2 раза, относительно ручной дуговой сварки плавящимся электродом.

4.3.3 Расчет амортизационных отчислений

Написание выпускной квалификационной работы по плану занимает 57 дней. Для моделирования и проведения расчётов используется персональный компьютер первоначальной стоимостью 50000 рублей и принтер стоимостью 12000 рублей. Срок полезного использования для офисной техники составляет от 2 до 3 лет.

Норма амортизации H_A рассчитывается:

$$H_A = \frac{1}{T} \cdot 100\%, \quad (67)$$

где T – срок полезного использования, лет.

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

$$H_A = \frac{1}{T} \cdot 100\% = 33,3\%.$$

Годовые амортизационные отчисления:

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

$$A_{\text{год.прин}} = 10000 \cdot 0,33 = 3300 \text{ руб.}$$

Ежемесячные амортизационные отчисления:

$$A_{\text{мес.ноут}} = \frac{16500}{12} = 1375 \text{ руб.}$$

$$A_{\text{мес.прин}} = \frac{3300}{12} = 275 \text{ руб.}$$

Итоговая сумма амортизации основных средств:

$$A_{\text{год.ноут}} = 1375 \cdot 2 = 2750 \text{ руб.}$$

$$A_{\text{год.прин}} = 275 \cdot 2 = 550 \text{ руб.}$$

4.3.4 Основная и дополнительная заработная плата исполнителей

В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20-30 % от тарифа или оклада. Расчет основной заработной платы приводится в таблице 16.

Таблица 16 – Расчет основной заработной платы

№ п/п	Наименование этапов	Исполнители по категории	Трудоёмкость человеко-дни			Заработная плата, приходящаяся на человека, тыс.руб.			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 темы проекта	Руководитель	2	2	2	4			8,92	8,92	8,92

Продолжение таблицы 16

2	Анализ актуальности темы	Руководитель – инженер	1	1	1	4,872	5,45	5,45	5,45
3	Поиск и изучение материала по теме	Инженер - руководитель	1	1	1	4,872	5,45	5,45	5,45
4	Выбор направления исследований	Руководитель	1	2	2	4	4,48	8,92	8,92
5	Календарное планирование работ	Руководитель	2	2	2	4	8,92	8,92	8,92
6	Изучение литературы по теме	Инженер	10	10	10	0,872	9,77	9,77	9,77
7	Подбор нормативных документов	Инженер - руководитель	3	4	4	4,872	16,4	21,8	21,8
8	Изучение установки	Инженер	4	6	6	0,872	3,9	5,86	5,86
9	Модернизация установки	Инженер	2	3	4	0,872	1,95	2,92	3,9
10	Анализ результатов	Инженер - руководитель	2	2	2	4,872	10,9	10,9	10,9
11	Вывод по цели	Инженер	3	3	3	0,872	2,92	2,92	2,92
Итого							79,1	91,8	92,8

Исходя из таблицы 18, можно заметить, что инженеру, выполняющему проект с ручной дуговой сваркой плавящимся электродом, необходимо заплатить немного больше, чем механизированными видами, в виду того, что будет затрачено больше трудоёмкости на некоторых этапах.

Проведем расчет заработной платы относительно того времени, в течение которого работал руководитель и инженер. Принимая во внимание, что за час работы руководитель получает 500 рублей, а инженер 109 рублей (рабочий день 8 часов).

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{дон} \quad (68)$$

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

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

Максимальная основная заработная плата руководителя (кандидата технических наук) равна примерно 57142 рублей, а инженера 34553 рублей.

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле [15]:

$$Z_{доп} = K_{доп} \cdot Z_{осн} \quad (69)$$

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

Таким образом, заработная плата руководителя равна 64000 рублей, инженера – 38700 рублей.

4.3.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы [15]:

$$Z_{внеб} = k_{внеб} \cdot (Z_{осн} + Z_{доп}), \quad (70)$$

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

На 2022 г. в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30,2%.

Таблица 17 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, тыс. руб.			Дополнительная заработная плата, тыс. руб.		
	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
Руководитель	64	67,4	69	76,8	80,88	82,8
Инженер	38,7	42,1	43,2	46,44	50,52	51,84
Коэффициент отчислений	0,302					
Итого						
Исполнение 1	27264,1 руб.					
Исполнение 2	28142,8 руб.					
Исполнение 3	29841,2 руб.					

Таблица 17 показывает, что отчисления во внебюджетные фонды у инженера, выполняющего проект, связанный с ручной дуговой сваркой плавящимся электродом выше, так как процесс выполняется дольше, соответственно и оплачивается больше.

4.3.6 Накладные расходы

Величина накладных расходов определяется по формуле [15]:

$$Z_{накл} = (\sum статей) \cdot k_{нр}, \quad (71)$$

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

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%. Таким образом, наибольшие накладные расходы при третьем исполнении равны:

$$Z_{накл} = 253621,2 \cdot 0,16 = 40579,4 \text{ руб.}$$

4.3.7 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы является основной для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку. Данные бюджета затрат НИИ приведены в таблице 20.

Таблица 18 – Расчет бюджета затрат НИИ

Наименование статьи	Сумма, руб.			Примечание
	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	
1. Материальные затраты НИИ	2460	5400	1080	Пункт 4.3.1
2. Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	276000	276000	120000	Пункт 4.3.2

Продолжение таблицы 18

3. Затраты на амортизацию	3300	3300	3300	Пункт 4.3.3
4. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	79100	91800	92800	Пункт 4.3.4
5. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	9492	11016	11136	Пункт 4.3.4
6. Отчисления во внебюджетные фонды	27264,1	28142,8	29841,2	Пункт 4.3.5
7. Накладные расходы	65347,86	65958,75	40579,4	16% от суммы ст. 1-5
8. Бюджет затрат НИИ	462963,9	481617,5	298736,6	Сумма ст.1-6

Из пункта 8 таблицы 18 делаем вывод о том, что механизированная сварка в среде защитных газов плавящимся электродом является самым выгодным видом сварки, так как минимальная стоимость оборудования покрывает расходы на заработную плату инженера и руководителя.

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

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

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как [15]:

$$I_{фин\ ир}^{исп.\ i} = \frac{\Phi_{p\ i}}{\Phi_{max}}$$

где $I_{фин\ ир}^{исп.\ i}$ — интегральный финансовый показатель разработки;

$\Phi_{p\ i}$ — стоимость i -го варианта исполнения;

Φ_{max} — максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т. ч. аналоги).

$$I_{\text{фин пр}}^{\text{исп. 1}} = \frac{462963,9}{481617,5} = 0,96; I_{\text{фин пр}}^{\text{исп. 2}} = \frac{481617,5}{481617,5} = 1; I_{\text{фин пр}}^{\text{исп. 3}} = \frac{298736,6}{481617,5} = 0,62.$$

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом [15]:

$$I_{pi} = \sum a^i \cdot b^i, \quad (72)$$

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

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

b^i – балльная оценка i -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспериментальным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности рекомендуется проводить в форме таблицы (табл. 19).

Таблица 19 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии объекта исследования	Весовой коэффициент параметра	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
1. Сварочный материал	0,25	4	4	4
2. Удобство в эксплуатации	0,25	3	3	5
3. Используемые газы	0,15	5	-	-
4. Модернизация установки	0,35	4	4	2
Итого	1	3,9	3,15	2,95

$$I_{p-\text{исп.1}} = 4 \cdot 0,25 + 3 \cdot 0,25 + 5 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,35 = 3,9;$$

$$I_{p-\text{исп.2}} = 4 \cdot 0,25 + 3 \cdot 0,25 + 4 \cdot 0,35 = 3,15;$$

$$I_{p-\text{исп.3}} = 4 \cdot 0,25 + 5 \cdot 0,25 + 2 \cdot 0,35 = 2,95.$$

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

$$I_{исп.i} = \frac{I_{р-исп.i}}{I_{фин.пр}} \quad (73)$$

Тогда:

$$I_{исп.1} = \frac{3,9}{0,96} = 4,06; I_{исп.2} = \frac{3,15}{1} = 3,15; I_{исп.3} = \frac{2,95}{0,62} = 4,76.$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки, позволит определить сравнительную эффективность проекта (табл. 20) и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных. Сравнительная эффективность проекта (\mathcal{E}_{cp}):

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{исп.i}}{I_{исп.max}} \quad (74)$$

Таблица 20 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,96	1	0,62
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	3,9	3,15	2,95
3	Интегральный показатель эффективности	4,06	3,15	4,76
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	0,85	0,66	1

Если сравнительная эффективность вариантов исполнения стремится к единице, то этот вид сварки является самым эффективным. Следовательно, обращая внимание на значения пункта 4 из таблицы 22, можно сделать вывод о

том, что ручная дуговая сварка плавящимся электродом является экономически выгодным относительно механизированных видов сварки.

4.5 Вывод по разделу

В данном разделе выполнен анализ ресурсоэффективности и ресурсосбережения научно-исследовательской работы – разработки технологии сборки и дуговой сварки труб из разнородных сталей при помощи ручной дуговой сварки плавящимся электродом. Были проанализированы слабые и сильные стороны работы, способы устранения их и использования для продвижения исследовательской работы. Был проведен прогноз внешних угроз и возможностей, учитывая которые можно повысить конкурентоспособность данного проекта.

Также произведено распределение обязанностей по научно-исследовательской работе и рассчитано время, необходимое для выполнения работы. При этом инженер принимал участие в работе почти каждый день, а научный руководитель производил контроль работы и помогал при расчете наиболее ответственных разделов проекта. Общая продолжительность работ составила 57 дней.

Сформирован бюджет затрат НИИ, который составил 298736,6 руб., на зарплату приходится 44 процента затрат.

Расчет показал, что трудовые затраты и стоимость оборудования составляют основную часть от стоимости разработки и составляют 120 тыс. руб. Минимальные затраты составляют материальные затраты НИИ, в сумме около 1,08 тыс. руб.

Расходы по заработной плате определены по трудоемкости выполняемой работы и действующей системы окладов и тарифных ставок и составили: заработная плата руководителя – 64000 руб., заработная плата инженера – 38700 руб. В основную заработную плату внесена премия, которая выплачивается каждый месяц в размере 30 % от оклада.

Накладные и прочие расходы составили в сумме 29049,6 руб., составляет 13,8% от общего бюджета. Все затраты проекта могут быть реализованы, так как оказались ожидаемы.

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

По произведенному анализу видим, что механизированная сварка в среде защитных газов плавящимся электродом является эффективным методом сварки и способна занять свое место на рынке. Данный метод при правильном продвижении и учете внешних и внутренних факторов, может составить сильную конкуренцию имеющимся методам сварки стальных конструкций, но в современных условиях требует постоянного совершенствования, обновления материальной базы и повышение профессионализма сотрудников.

5. Социальная ответственность

5.1 Введение

Объектом исследования является разработка технологии сборки и дуговой сварки обечайки диаметром 1500 мм из стали 09Г2С толщиной 10 мм. Данная разработка является методом повышения эффективности процесса сварки и сборки изделия плавящимся электродом.

В связи с особенностями дуговой сварки плавящимся электродом, при проведении сварочных работ предъявляются особые требования к выполнению правил техники безопасности. Невыполнение этих требований может привести к несчастным случаям: отравлению инертным газом, поражению лучистой энергией сварочной дуги и электрическим током, взрывом баллонов и т.д. Среди вредных газов, выделяющихся при сварке, прежде всего, следует отметить такие, как пары и окислы серы, марганца, хрома и др. В связи с множеством вредных факторов при производстве работ необходимо соблюдать технику безопасности, в соответствии с законодательством Российской Федерации.

Санитарно-гигиенические условия и обязательные мероприятия по охране труда в сварочном производстве регламентируются "Системой стандартов безопасности труда", "Строительными нормами и правилами" (СНиП), Правилами техники безопасности и производственной санитарии, Правилами устройства и эксплуатации отдельных видов оборудования, различными инструкциями, указаниями и другими документами [16].

Все лица, поступающие на работу, связанную с электросваркой, должны проходить предварительные и периодические медицинские осмотры.

5.2 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Основной задачей регулирования проектных решений разрешается за счет соблюдения законов. Руководитель (ответственный) принимает обязательства выполнения и организации правил эвакуации и соблюдение требования безопасности в помещении [16].

Требования к размещению машин для сварки, организации рабочих мест и к производственным помещениям – в соответствии с ГОСТ 12.3.003-86[18].

Рабочие места электросварщиков должны ограждаться переносными или стационарными светонепроницаемыми ограждениями (щитами, ширмами или экранами) из несгораемого материала, высота которых должна обеспечивать надежность защиты.

Ширина проходов с каждой стороны рабочего стола и стеллажа должна быть не менее 1 м. Ширина проходов между установками должна быть: при расположении рабочих мест друг против друга для точечных и шовных машин - не менее 3 м, при расположении машин тыльными сторонами друг к другу - не менее 1 м, при расположении машин передними и тыльным и сторонам и друг к другу - не менее 1,5 м;

Полы производственных помещений для выполнения сварки должны быть несгораемые, обладать малой теплопроводностью, иметь ровную нескользкую поверхность, удобную для очистки, а также удовлетворять санитарно-гигиеническим требованиям в соответствии с действующими строительными нормами и правилами;

Открытые траектории в зоне возможного нахождения человека должны располагаться значительно выше уровня глаз. Минимальная высота

Следует предусматривать наличие мест для размещения съемных деталей, переносной измерительной аппаратуры, хранение заготовок, готовых изделий и др.;

Установки должны эксплуатироваться в специально выделенных

помещениях либо могут располагаться в открытом пространстве на фундаментах или платформах транспортных средств;

Помещения должны соответствовать требованиям пожарной безопасности и иметь необходимые средства предотвращения пожара и противопожарной защиты. Отделку помещений следует выполнять только из негорючих материалов.

Двери помещений должны иметь знак ультрафиолетовой опасности;

Высота помещений должна быть не менее 4,2 м. Коммуникации (вода, электроэнергия, воздух и др.) следует прокладывать под полом в специальных с защитными коробами (возвышение над уровнем пола не допускается) или подвешивать кабели на высоте менее 2,2 м от пола [16].

5.3 Производственная безопасность

Таблица 21 - Возможные опасные и вредные факторы

Факторы	Нормативные документы
1. Превышение уровня шума (ударные волны воздушной среды)	ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ
2. Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения	СП 52.13330.2016
3. Вредные вещества	ГОСТ 12.3.003-86 ССБТ
4. Ожоги глаз	ГОСТ 12.4.254-2013 ССБТ
5. Опасность поражения электрическим током, короткое замыкание, статическое электричество	ГОСТ 12.1.019-2017 ССБТ
6. Монотонность труда и длительное сосредоточенное наблюдение.	Р 2.2.2006-05

Продолжение таблицы 21

7. Микроклимат	СанПиН 1.2.3685-21
8. Неподвижные режущие, колющие, обдирающие, разрывающие части твердых объектов;	ГОСТ 12.4.125-83 ССБТ
9. Движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; передвигающиеся изделия, заготовки, материалы;	ГОСТ 12.2.003-91 ССБТ
10. Повышенный уровень вибрации	ГОСТ 12.1.012-2004. ССБТ
11. Связанные с чрезмерно высокой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги тканей организма человека;	ГОСТ 12.3.003-86 ССБТ

5.3.1 Микроклимат

Микроклимат производственных помещений – это климат внутренней среды этих помещений, который определяется действующими на организм сочетаниями температуры, влажности и скорости движения воздуха, а также температуры окружающих поверхностей. Оптимальные микроклиматические условия обеспечивают общее и локальное ощущение теплового комфорта в течение 8-часовой рабочей смены, не вызывают отклонений в состоянии здоровья и создают предпосылки для высокой работоспособности [20].

Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны должны соответствовать СанПиН 1.2.3685-21[24]. Оптимальные и допустимые нормы температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха

приведены в таблице 22.

Таблица 22 – Оптимальные и допустимые нормы микроклимата в рабочей зоне производственных помещений

Период года	Температура, °С					Относительная влажность, %		Скорость движения воздуха, м/с	
	Оптимальная	Допустимая на рабочих местах				Оптимальная, не более	Допустимая, не более	Оптимальная, не более	Допустимая, не более
		Верхняя		Нижняя					
		Пост.	Не пост.	Пост.	Не пост.				
Холодный	22-24	25	26	21	18	40-60	75	0,1	0,1
Теплый	23-25	28	30	22	20	40-60	70	0,1	0,1

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

5.3.2 Превышение уровня шума

Шум является общебиологическим раздражителем и в определенных условиях может влиять на органы и системы организма человека. Шум ухудшает точность выполнения рабочих операций, затрудняет прием и восприятие информации. Длительное воздействие шума большой интенсивности приводит к патологическому состоянию организма, к его утомлению. Интенсивный шум вызывает изменения сердечно-сосудистой

системы, сопровождаемые нарушением тонуса и ритма сердечных сокращений, изменяется артериальное кровяное давление [20].

Методы установления предельно допустимых шумовых характеристик оборудования для сварки изложены в ГОСТ 12.1.003-2014[21]. Для рабочих помещений административно-управленческого персонала производственных предприятий, лабораторий, помещений для измерительных и аналитических работ уровень звука не должен превышать 80 дБ, ГОСТ 12.1.003-2014.

Уменьшение влияния данного фактора возможно путём:

- изоляции источников шумов;
- проведение акустической обработки помещения;
- создание дополнительных ДВП или ДСП изоляционных перегородок;

5.3.3 Освещение

Рациональное освещение имеет большое значение для высокопроизводительной и безопасной работы. Нормирование значений освещенности рабочей поверхности при сварочных работах в помещении составляет 200 Лк (СП 52.13330.2016[27]).

Для освещения нашего цеха необходимо использовать, как правило, газоразрядные источники света: лампы ДРЛ, ДРИ; для освещения высоких цехов (до 4 м) большой площади - люминесцентные лампы. Допускается применение ламп накаливания. Для местного освещения рекомендуются светильники с непрозрачными отражателями, имеющими защитный угол $\geq 30^\circ$. Если светильники расположены ниже глаз сварщика, то защитный угол может быть в пределах 10... 30°.

При сварке внутри емкостей освещение осуществляется светильниками направленного света, установленными вне свариваемого объекта, или ручными переносными светильниками, оборудованными защитной сеткой. Освещенность в этих случаях должна быть ≥ 30 Лк.

Недостаточная освещенность может быть вызвана ошибочным

расположением ламп в помещении, отсутствием окон в помещении, не правильным выбором количества осветительных приборов и нерациональной загрузкой на них электрического тока. Данный фактор может стать причиной неадекватного восприятия человека технологического процесса, его утомления, а также вызвать пульсирующие головные боли.

В целях уменьшения пульсаций ламп, их включают в разные фазы трехфазной цепи, стабилизируют постоянство прохождения в них переменного напряжения. Но самым рациональным решением данного вредного фактора является изначально правильное расположение и подключение источников света в помещении, путем замеров освещенности, при помощи люксметра, и сравнения полученных результатов с нормативными документами.

5.3.4 Поражение электрическим током

Все оборудование должно быть выполнено в соответствии с требованиями ПУЭ, ГОСТ 12.1.019-2017[23].

Основными причинами поражения электрическим током могут послужить следующие факторы: прикосновение к токоведущим частям или прикосновение к конструктивным частям, оказавшимся под напряжением. С целью исключения опасности поражения электрическим током необходимо соблюдать следующие правила электрической безопасности:

- перед включением установки должна быть визуально проверена ее;
- электропроводка на отсутствие возможных видимых нарушений изоляции, а также на отсутствие замыкания токопроводящих частей держателей электродов;
- при появлении признаков замыкания необходимо немедленно отключить от электрической сети установку.

К защитным мерам от опасности прикосновения к токоведущим

частям электроустановок относятся: изоляция, ограждение, блокировка, пониженные напряжения, электрозащитные средства.

Среди распространенных способов защиты от поражения электрическим током при работе с электроустановками различают:

- защитное заземление;
- зануление – замыкание на корпус электроустановок;
- системы защитного отключения –;
- защитное разделение сетей;
- предохранительные устройства.
- регулярные влажные уборки помещения для снятия статического электричества

К работам на электроустановках допускаются лица, достигшие 18 лет, прошедшие инструктаж и обученные безопасным методам труда. К тому же электробезопасность зависит и от профессиональной подготовки работников, сознательной производственной и трудовой дисциплины. Целесообразно каждому работнику знать меры первой медицинской помощи при поражении электрическим током.

5.3.5 Вредные вещества

Источником фактора на рабочем месте является процесс сварки и резки металла, которые сопровождаются загрязнением воздушной среды оксидами металлов и мелкодисперсной металлической стружкой.

При дуговой сварке плавящимся электродом в воздух рабочей среды выделяется сварочная пыль. Сварочная пыль представляет собой аэрозоль – взвесь частиц оксидов металлов и минералов в газовой среде. Основными составляющими аэрозоля являются оксиды железа (до 70%), марганца, кремния, хрома, фтористые и другие соединения. Наиболее вредны соединения хрома, марганца и фтора. На рабочем месте допускаются следующие предельные концентрации веществ (ПДК) в воздухе (в мг/м³): марганец и его

соединения – 0,30; хром и его соединения – 0,10; свинец и его соединения – 0,01; цинковые соединения – 5,00; оксид углерода – 20,00; фтористый водород – 0,50; оксид азота – 5,00[18].

Эффективным средством нормализации воздуха в производственных помещениях является вентиляция, которая представляет собой комплекс средств, обеспечивающих воздухообмен, то есть удаление загрязненного нагретого влажного воздуха и подача свежего, чистого воздуха.

5.3.6 Монотонность труда и длительное сосредоточенное наблюдение

Основные психофизическими факторами при работе сварщиков на участке являются повышенная нагрузка на органы чувств (зрение, слух), тяжелая физическая работа, монотонность труда, высокий уровень интенсивности деятельности[21].

Для предотвращения получения травм рекомендуется:

- произвести уменьшение плотности рабочего времени;
- исключить перебои в работе и настроить ритмизация трудовых процессов;
- наладить правильный режим труда и отдыха, в частности 30 минутный перерыв после каждых двух часов непрерывной работы или 15 минутный перерыв на каждый час работы.

5.3.7 Ожоги глаз

Горение сварочной дуги, помимо инфракрасного излучения и видимого света, сопровождается ультрафиолетовым излучением. Яркость световых лучей значительно превышает норму, допускаемую для человеческого глаза, и поэтому зрительная реакция на дугу производит ослепляющее действие[22].

Во избежание последствий облучения ультрафиолетовым излучением кожи и сетчатки глаз необходимо соблюдать технику безопасности на рабочем месте. При проведении сварочных работ сварщик обязан быть обеспечен средствами индивидуальной защиты, сварочной защитной маской и производственной сварочной защитной одеждой. Для защиты окружающих устанавливаются ограждения, ширмы, предупреждающие знаки.

5.3.8 Неподвижные режущие, колющие, обдирающие, разрывающие части твердых объектов

Производственное оборудование должно обеспечивать безопасность работающих при монтаже (демонтаже), вводе в эксплуатацию и эксплуатации как в случае автономного использования, так и в составе технологических комплексов при соблюдении требований (условий, правил), предусмотренных эксплуатационной документацией. Для защиты окружающих устанавливаются ограждения, ширмы, предупреждающие знаки[27].

Работники, занятые сваркой, должны обеспечиваться средствами индивидуальной защиты, такими как специальный костюм, перчатки (краги), сварочная маска и специальная обувь сварщика.

5.3.9 Движущиеся машины и механизмы, подвижные части производственного оборудования

Источником данного фактора являются машины и оборудование, используемое на производстве.

Согласно ГОСТ 12.2.003-91[28]. Конструкция производственного оборудования должна исключать падение или выбрасывание предметов (например, инструмента, заготовок, обработанных деталей, стружки), представляющих опасность для работающих, а также выбросов смазывающих, охлаждающих и других рабочих жидкостей.

Движущиеся части производственного оборудования, являющиеся возможным источником травмоопасности, должны быть ограждены или расположены так, чтобы исключалась возможность прикосания к ним работающего или использованы другие средства (например, двуручное управление), предотвращающие травмирование. Помещение должно быть оборудовано предупреждающими вывесками. Перед началом работ обязательное проведение инструктажа.

5.3.10 Повышенный уровень вибрации

Общие требования по нормированию уровня вибрации приведены в ГОСТ 12.1.012-2004. ССБТ. «Вибрационная безопасность. Общие требования».[26] Источниками вибраций на производстве является различное производственное оборудование.

Методы снижения вибрации: снижение вибрации в источнике ее возникновения, конструктивные методы (виброгашение, вибродемпфирование – подбор определенных видов материалов, виброизоляция). Виброгашение осуществляют путем установки агрегатов на фундаменты. Для защиты от вибраций на автоматических и полуавтоматических установках установлены виброизоляции. При механизации сварочного производства, а также применении указанных методов для снижения вибрации на рабочем месте, условия труда на строительной площадке соответствуют допустимым нормам.

5.3.11 Термические ожоги тканей

Термические ожоги возникают вследствие непосредственного контакта с раскаленным металлом сварочной ванны, электрической дугой и пламенем газовой горелки. Для предотвращения термических ожогов кожного покрова необходимо использовать индивидуальные средства защиты.

Спецодежда – костюм и брюки, а также рукавицы, изготавливаются из

брезента и служат для защиты тела и рук от брызг сварки, и теплового излучения. Для защиты ног сварщиков используют специальные ботинки, исключающие попадание искр и капель расплавленного металла.

Для защиты рук от брызг и лучистой энергии применяют брезентовые рукавицы со специальной противопожарной пропиткой.

Для защиты от лучистой энергии рабочих, не связанных со сваркой, наплавкой или резкой металлов, сварочные посты должны ограждаться экранами из несгораемых материалов высотой не менее 1,8 м.

5.4 Экологическая безопасность

Охрана окружающей среды – это комплексная проблема и наиболее активная форма её решения – это сокращение вредных выбросов промышленных предприятий через полный переход к безотходным или малоотходным технологиям производства.

При выполнении работы образовывались следующие отходы: остатки металла после раскроя, которые маркируются и отправляются на склад. Загрязнители атмосферы поступают в воздух через вентиляционные выбросы, их концентрация относительно невелика, однако из-за огромных валовых выбросов через вентиляцию атмосфера получает большое количество загрязнения. Газообразные отходы, загрязняющие воздух помещения, диоксид алюминия. Перед выбросом воздух помещений подвергается обязательной очистке в фильтровентиляционных системах, что предотвращает атмосферу от загрязнения. Что касается остатков листового металла: рассортированные по типу материала остатки взвешиваются и передаются в место переработки. Там их попросту переплавляют, после чего создают новый прокат, который будет готов к дальнейшему использованию. Здесь очень хорошо проявляется забота о сохранности ресурсов, так как остатки и огарки стальных электродов восполняют уверенную часть использованных ресурсов.

Люминесцентные лампы, используемые в цехе и на участках цеха в качестве дополнительного искусственного освещения, утилизируются согласно ГОСТ Р 52105-2003 специализированными и имеющими лицензию на данный вид деятельности организациями.

Процесс разработки технологии сборки конструкции представляет из себя работу с информацией, такой как технологическая литература, статьи, ГОСТы и нормативно-техническая документация. Таким образом, процесс разработки исследуемой технологии не имеет влияния негативных факторов на окружающую среду. Использованная макулатура утилизируется согласно ГОСТ Р 55090-2012 и в последствии вторично используется.

5.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Пожарная безопасность – состояние объекта, при котором исключается возможность пожара, а в случае его возникновения предотвращается воздействие на людей опасных его факторов и обеспечивается защита материальных ценностей [17].

Пожарная безопасность обеспечивается системой предотвращения пожара и системой пожарной защиты. Во всех служебных помещениях обязательно должен быть «План эвакуации людей при пожаре», регламентирующий действия персонала в случае возникновения очага возгорания и указывающий места расположения пожарной техники.

С целью предотвращения пожаров необходимо уходя из помещения проверить отключения всех электронагревательных приборов, электроустановок, а также силовой и осветительной сети, а также курить только в отведенных для курения местах.

В случае возникновения пожара приступить к его тушению имеющимися средствами, эвакуироваться и вызвать по телефону «01», (сотовый «101») пожарную службу.

Сотрудники должны быть ознакомлены с планом эвакуации людей и

материальных ценностей при пожаре. План эвакуации должен находиться в каждом помещении и на каждом этаже лестничной площадке.

В производственных помещениях проходит большое количество проводов и большое количество электроприборов. Неправильная изоляция данных проводов, или отсутствие заземления может привести к поражению человека или к возникновению возгораний.

В целях безопасности в помещениях имеются рубильники для полного обесточивания помещения, а также изоляция проводов, защитное состояние сети и применение специальных защитных устройств (сетевые фильтры, автоматические выключатели).

5.6 Выводы по разделу

В результате исследования разработки технологии дуговой сварки обечайки диаметром 1500 мм из стали 09Г2С толщиной 10 мм, были получены ответы по правовым и организационным, производственным, экологическим вопросам безопасности, а также вопросам безопасности в ЧС. При воздействии каких-либо вредных или опасных факторов на производстве необходимо будет воспользоваться методами, приведенных в этом разделе.

Значение всех производственных факторов на изучаемом рабочем месте соответствует нормам, которые также были продемонстрированы в данном разделе.

Категория помещения по электробезопасности согласно ПУЭ соответствует классу – помещения без повышенной опасности (сухое, хорошо отапливаемое, помещение с токонепроводящими полами, с относительной влажностью воздуха 40-50 %).

Категория тяжести труда в лаборатории 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

(работы, связанные с ходьбой, перемещением и переноской тяжестей до 10 кг и сопровождающиеся умеренным физическим напряжением).

Производственное помещение имеет возможный класс пожара В1-В4. Горючие и трудногорючие жидкости, твердые горючие и трудногорючие вещества и материалы (в том числе пыли и волокна), вещества и материалы, способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом только гореть, при условии, что помещения, в которых они находятся (обращаются), не относятся к категории А или Б.

Рассмотренный объект, оказывающий незначительное негативное воздействие на окружающую среду, относится к объектам III категории

Заключение

В итоге выполнения выпускной бакалаврской работы была разработана технология сборки и дуговой сварки обечайки диаметром 1500 мм из стали 09Г2С толщиной 10 мм.

В ходе разработки технологии были выбраны тип и размеры разделки кромок, сварочные материалы. Также метод механизированной дуговой сварки плавящимся электродом в среде углекислого газа был признан наиболее предпочтительным для сварки данной конструкции. Дана расчетная оценка состава и механических свойств сварного шва, подсчитаны режимы сварки (количество проходов, сварочный ток, напряжение, скорость подачи электродной проволоки, скорость сварки) и расход сварочных материалов, необходимых для сварки конструкции. Описаны подготовительные работы перед сборкой и сваркой, выполнен подбор сварочного оборудования, предложены меры по борьбе с остаточными напряжениями и деформациями. Приведен комплект необходимой технической документации.

Из расчетов ресурсоэффективности и ресурсосбережения можно сделать вывод, что механизированная дуговая сварка плавящимся электродом в среде углекислого газа является наиболее выгодным способом сварки, для данной конструкции.

Проведен анализ процесса производства конструкции на предмет влияния вредных и опасных производственных факторов на сварщика. Предложены меры и мероприятия для снижения их действия на рабочего, а также для предотвращения и ликвидации, в случае возникновения, чрезвычайных ситуаций. Прописаны требования безопасности при проведении сварочных работ.

Список использованной литературы

1. Технология и оборудование сварки плавлением / Акулов А.И., Бельчук Г. А., Деменцевич В.П – М.: Машиностроение, 1977. -432 с.
2. ГОСТ 19282-73 Сталь низколегированная толстолистовая и широкополосная универсальная. – М.: Издательство стандартов, 1997.
3. Сварка в машиностроении: Справочник. В 4-х т./ Ред. кол.:Г.А.Николаева (пред.) и др. – М.: Машиностроение, 1979 - Т.3/ Под ред. В.А.Винокурова. 1979. 567с.
4. Научные основы технологии машиностроения / А. Г. Суслов, А. М. Дальский. – М. : Машиностроение, 2002. – 684 с.
5. ГОСТ 9467-75 Электроды покрытые металлические для ручной дуговой сварки конструкционных и теплоустойчивых сталей. – М.: Стандартинформ, 2008.
6. Сварочные материалы для дуговой сварки: справочное пособие : в 2 т. Т.1 Защитные газы и сварочные флюсы / Б.П. Конищев [и др.] ; под общ. ред. Н. Н.Потапова. – М.: Машиностроение, 1989. – 544 с.
7. ГОСТ 14771-76 Дуговая сварка в защитном газе. Соединения сварные. Основные типы, конструкционные элементы и размеры. – М.: Стандартинформ, 2007.
8. Дедюх Р. И. Расчёт режимов дуговой сварки – Томск: Изд. ТПУ, 1983.- 18с.;
9. Технологические основы сварки давлением и плавлением. Сварка плавлением: учебно-методическое пособие / Е.А. Трущенко; Национальный исследовательский Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. – 80 с.;
10. ГОСТ 3.1109-82 Единая система технологической документации.Термины и определения основных понятий. Технические условия. – М.: Стандартинформ, 2000.

11. ГОСТ 14.201-83 Обеспечение технологичности конструкции изделий. Общие требования. – М.: Стандартиформ, 2004.
12. ГОСТ 19903-2015 Прокат листовой горячекатаный. Сортамент. – М.: Стандартиформ, 2020.
13. РД 25.160.10-КТН-050-06 Инструкция по технологии сварки при строительстве и ремонте стальных вертикальных резервуаров. – М.: Стандартиформ, 2013.
14. РД 34.10.125-94 Инструкция по контролю сварочных материалов и материалов для дефектоскопии. – М.: Стандартиформ, 2007.
15. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие / И.Г. Видяев, Г.Н. Серикова, Н.А. Гаврикова, Н.В. Шаповалова, Л.Р. Тухватулина, З.В. Криницына; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 36 с.
16. Методические указания по разработке раздела «Социальная ответственность» ВКР бакалавра всех направлений (специальностей) и форм обучения ТПУ/Сост. Е.Н. Пашков, А.И. Сечин, И.Л. Мезенцева, О.А. Антоневиц, И.И. Авдеева – Томск: Изд-во ТПУ, 2022. – 18 с.
17. ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны; – М.: Стандартиформ, 2011.
18. ГОСТ 12.3.003-86 ССБТ. Работы электросварочные. Требования безопасности. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2003.
19. Р 2.2.2006-05 Гигиена труда. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. – М.: Стандартиформ, 2009.
20. ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. – М.: Стандартиформ, 2019.
21. ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.
22. ГОСТ 12.4.254-2013 ССБТ. Средства индивидуальной защиты глаз при сварке и аналогичных процессах. Общие технические условия. – М.: Стандартиформ, 2017.

23. ГОСТ 12.1.019-2017 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты. – М.: Стандартиформ, 2018.
24. СанПиН 1.2.3685-21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания. – М.: АО «Кодекс», 2021.
25. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95. – М.: Стандартиформ, 2003.
26. ГОСТ 12.1.012-2004. ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования. – М.: Стандартиформ, 2010.
27. ГОСТ 12.4.125-83 ССБТ. Средства коллективной защиты работающих от воздействия механических факторов. – М.: Стандартиформ, 2003.
28. ГОСТ 12.2.003-91 ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности. – М.: Стандартиформ, 2001.

Приложение А
(обязательное)
Комплект технологической документации

Дубл.										
Взам.										
Подл.										

ФЮРА.02190.098

1

ТПУ

ФЮРА.01190.01

Стыковое сварное соединение обечайки диаметром 1500 мм

у

Министерство науки
 МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
 Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего
 образования
 «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ
 УНИВЕРСИТЕТ»

СОГЛАСОВАЛ
 Доцент ОЭИ ИШНКБ
 _____ Першина А.А.

УТВЕРДИЛ
 Доцент ОЭИ ИШНКБ
 _____ Першина А.А.

КОМПЛЕКТ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ
 на единичный технологический процесс изготовления стыкового
 сварного соединения обечайки диаметром 1500 мм из стали 09Г2С
 толщиной 10 мм

ПРОВЕРИЛ
 Доцент ОЭИ ИШНКБ
 _____ Гордынец А.С.

ВЫПОЛНИЛ
 Студент гр. 1В81
 _____ Полховский А.В.

Акт № 1 от 30.05.22г.

РД 153-34.1-003-01

ТЛ	Титульный лист
-----------	----------------

Дубл.																			
Взам.																			
Подл.																			
														ФЮРА.02190.098		4	1		
Разраб.	Полховский А.В.						ТПУ								ФЮРА 10190.001				
Руковод.	Гордынец А. С.																		
														Стыковое соединение обечайки диаметром 1500 мм из стали 09Г2С толщиной 10 мм		У			
Н.контр.	Першина А. А.																		
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код,наименование операции				Обозначение документа										
					Код,наименование,оборудования				СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Тпз	Тшт.
К/М	Наименование детали,сб.единицы или материала								Обозначение,код						ОПП	ЕВ	ЕН	КИ	Н.расх.
A01	1	1	1	005	Разметка				ИОТ №1, РД 25.160.10-КТН-050-06										
B02	Разметочная плита				1	слесарь	4	1	1	1									
К/М03	Лист 09Г2С, 10x1500x5000 мм								ГОСТ 19903-2015										
O04	Нанести базовые линии и разметить контуры будущего изделия																		
T05	Линейка, чертилка																		
06																			
A07	1	2	1	010	Резка				ИОТ №1, РД 25.160.10-КТН-050-06										
B08	Станок плазменной резки СПР 6020				3	слесарь	4	2	1	1									
К/М09	Лист 09Г2С, 10x1500x5000 мм								ГОСТ 19903-2015										
O10	Вырезать заготовку размером 1500x4700																		
T11	Компрессор воздушный,осушитель воздуха																		
12																			
A13	1	2	1	015	Строжка				ИОТ №1, РД 25.160.10-КТН-050-06										
B14	Кромкострогальный станок 7808				2	слесарь	4	2	1	1									
МК	Маршрутная карта																	10	

Дубл.																							
Взам.																							
Подл.																							
																	ФЮРА.02190.098		2				
																	ФЮРА 10190.002						
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код,наименование операции											Обозначение документа							
Б	Код,наименование,оборудования											СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Тпз	Тшт.	
К/М	Наименование детали,сб.единицы или материала											Обозначение,код						ОПП	ЕВ	ЕН	КИ	Н.расх.	
К/М15	Лист 09Г2С, 10x1500x4700 мм											ГОСТ 1993-2015											
О16	Снять поверхность металла и создать кромку согласно эскизу ФЮРА 20190.098																						
Т17	Чертилка, линейка																						
18																							
А19	2	3	1	020	Вальцовка											ИОТ №1, РД 25.160.10-КТН-050-06							
Б20	Четырехвалковая гибочная машина гидравлическая. Серия ТРР 4											3	слесарь	4	1	2	1						
К/М21	Лист 09Г2С, 10x1500x4700 мм											ГОСТ 21631-76											
О22	Произвести гибку обечайки																						
Т23	Цилиндрические валики																						
24																							
А25	2	3	1	025	Сборка											ИОТ №1, РД 25.160.10-КТН-050-06, ГОСТ 14771-76							
Б26	Полуавтомат сварочный Kemppi X3 MIG Welder											2	сварщик	4	1	1	1						
27	УШМ Makita 9565CVR											2	сварщик	4	1	1	1						
К/М28	Углекислый газ											ГОСТ 8050-85											
К/М29	Заготовка из 09Г2С Ø1500											ГОСТ 21631-76											
																			МК		Маршрутная карта	10	

Дубл.																		
Взам.																		
Подл.																		
														ФЮРА.02190.098			4	
														ФЮРА 10190.004				
A	Цех	Уч.	PM	Опер.	Код,наименование операции						Обозначение документа							
Б	Код,наименование,оборудования						СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Тпз	Тшт.	
К/М	Наименование детали,сб.единицы или материала						Обозначение,код						ОПП	ЕВ	ЕН	КИ	Н.расх.	
A43	2	3	1	035	Визуально-измерительный контроль						ИОТ №1,ГОСТ Р ИСО 17637-2014							
Б44	Роликовый стенд						1	деф-ст	4	1	1	1						
К/М45	Обечайка из 09Г2С Ø1500						ГОСТ 21631-76											
O46	Произвести ВИК готовой сварной конструкции согласно ГОСТ Р ИСО 17637-2014 и ГОСТ 14771-76																	
T47	Луна, линейка, УШС-3, штангенциркуль, угольник поверочный, измеритель шероховатости																	
МК	Маршрутная карта																10	

Дубл.																					
Взам.																					
Подл.																					
ФЮРА.02190.098																		2	1		
Разраб.	Полховский А.В.			02.06.22	ТПУ									ФЮРА.60190.001							
Проверил	Гордынец А.С.																				
Н.контр.	Першина А.А		Стыковое соединение обечайки 1500 мм из стали 09Г2С толщиной 10 мм										у								
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код,наименование операции							Обозначение документа									
Б	Код,наименование,оборудования							СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Тпз	Тшт.			
К/М	Наименование детали,сб.единицы или материала							Обозначение,код					ОПП	ЕВ	ЕН	КИ	Н.расх.				
РС1	ПС	НП	ДС	лс	лэ	Пл	U	I	Vс	Vn	qоз	qдз	qк	Tu	Tn						
A01	1	1	1	025	Сборочная				ИОТ № 1, РД 25.160.10-КТН-050-06, ГОСТ 14771-76												
B02	Полуавтомат сварочный Kemppi X3 MIG Welder							2	Сварщик	4	1	2	2								
03	УШМ Makita 9565CVR							2	Сварщик	4	1	2	2								
К/М04	Углекислый газ							ГОСТ 8050-85													
05	Заготовка из 09Г2С Ø1500							ГОСТ 21631-76													
06	Проволока сварочная Св-10Г2 Ø1.2							ГОСТ 2246-70													
O07	Просушить торцы заготовки путём нагревания до температуры 20-50°C																				
08	Закрепить стык согласно ФЮРА.02190.098 и выставить смещение кромок не более 2 мм																				
09	Поставить прихватки: длина 50-60 мм, расстояние между прихватками не более 500 мм																				
P10	B	I				O	24-26	170-180	0,75 см/с	1,2 см/с	11л/мин										
11	Зачистить прихватки от шлака и брызг металла, при помощи абразивного инструмента																				
T12	Щетка по металлу, зубило, молоток																				
13																					
14	1	1	1	030	Сварочная				ИОТ № 1, РД 25.160.10-КТН-050-06, ГОСТ 14771-76												
OK		Операционная карта																	60		

Дцбл.			
Взам.			
Подл.			

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

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

ФЮРА.02190.098

1

1

Разраб.	Полховский А.В.		02.06.2022
Проверил	Гордынец А.С.		02.06.2022
Н. контр.	Першина А.А.		02.06.2022

ТПУ

ФЮРА.02190.098

Стыковое сварное соединение обечайки $\phi 1500$ мм из стали 09Г2С толщиной 10 мм

У

