

Школа **Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности**  
 Направление подготовки **15.03.01 Машиностроение**  
 ООП/ОПОП **Оборудование и технология сварочного производства**  
 Отделение школы (НОЦ) **Отделение электронной инженерии**

### БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
<b>Технология сборки и дуговой сварки листов из легированной стали</b>

УДК 621.791.75.01.052:669.15-194-41

#### Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1В81	Штабель Данил Олегович		

#### Руководитель ВКР

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

### КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

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

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ООД	Авдеева И.И.	—		

#### Нормоконтроль

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

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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

## ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ООП/ОПОП

### ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ООП

Код компетенции	Наименование компетенции
<b>Универсальные компетенции</b>	
УК(У)-1	способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач
УК(У)-2	способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений
УК(У)-3	способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде
УК(У)-4	способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном(-ых) языке(-ах)
УК(У)-5	способен воспринимать межкультурное разнообразие общества в социально-историческом, этическом и философском контекстах
УК(У)-6	способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни
УК(У)-7	способен поддерживать должный уровень физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности
УК(У)-8	способен создавать и поддерживать безопасные условия жизнедеятельности, в том числе при возникновении чрезвычайных ситуаций
УК(У)-9	способен проявлять предприимчивость в профессиональной деятельности, в т.ч. в рамках разработки коммерчески перспективного продукта на основе научно-технической идеи
<b>Общепрофессиональные компетенции</b>	
ОПК(У)-1	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;
<b>Профессиональные компетенции</b>	
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

<b>ПК(У)-3</b>	способен обеспечивать техническое оснащение рабочих мест с размещением технологического оборудования; умением осваивать вводимое оборудование
<b>ПК(У)-4</b>	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
<b>ПК(У)-5</b>	умеет проверять техническое состояние и остаточный ресурс технологического оборудования, организовывать профилактический осмотр и текущий ремонт оборудования
<b>ПК(У)-6</b>	умеет проводить мероприятия по профилактике производственного травматизма и профессиональных заболеваний, контролировать соблюдение экологической безопасности проводимых работ
<b>ПК(У)-7</b>	умеет выбирать основные и вспомогательные материалы и способы реализации основных технологических процессов и применять прогрессивные методы эксплуатации технологического оборудования при изготовлении изделий машиностроения
<b>ПК(У)-8</b>	умеет применять методы стандартных испытаний по определению физико- механических свойств и технологических показателей используемых материалов и готовых изделий
<b>ПК(У)-9</b>	способен метрологически обеспечивать технологические процессы, использовать типовые методы контроля качества выпускаемой продукции
<b>ПК(У)-16</b>	способен к систематическому изучению научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по соответствующему профилю подготовки
<b>ПК(У)-17</b>	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
<b>ПК(У)-18</b>	способен принимать участие в работах по составлению научных отчетов по выполненному заданию и во внедрении результатов исследований и разработок в области машиностроения
<b>ПК(У)-19</b>	способен участвовать в работе над инновационными проектами, используя базовые методы исследовательской деятельности
<b>ДПК(У)-1</b>	способен контролировать соответствие основных и свариваемых материалов, сварочного и вспомогательного оборудования, оснастки и инструмента, технологической документации, соблюдения технологической дисциплины и правильной эксплуатации технологического оборудования
<b>ДПК(У)-2</b>	способен составлять планы размещения оборудования, технического оснащения и организации рабочих мест, производить расчет производственной мощности и загрузки оборудования
<b>ДПК(У)-3</b>	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)

**ПРИКАЗ**

Инженерная школа            Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности  
 Направление подготовки (специальность)    15.03.01 Машиностроение Оборудование и  
технология сварочного производства  
 Отделение    электронной инженерии

УТВЕРЖДАЮ:  
 Руководитель ООП

\_\_\_\_\_    \_\_\_\_\_    Першина А.А.  
 (Подпись)    (Дата)    (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ**  
**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

ВКР бакалавра
---------------

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

Студенту:

Группа	ФИО
1В81	Штабель Данилу Олеговичу

Тема работы:

<b>Технология сборки и дуговой сварки листов из легированной стали</b>	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	09.12.2021

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

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<p><b>Исходные данные к работе</b></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>Чертеж сварной конструкции из двух листов стали 15Х2НМФА (1000×1000×20) мм. Изделие предназначено для эксплуатации в условиях химического производства. Тип производства – мелкосерийный.</p>
<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b></p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Обзор литературы</li> <li>2. Описание конструкции</li> <li>3. Разработка технологии сборки и сварки <ol style="list-style-type: none"> <li>3.1.Выбор способа сварки</li> <li>3.2.Выбор сварочных материалов</li> <li>3.3.Расчет параметров режима сварки</li> <li>3.4.Выбор сварочного оборудования</li> <li>3.5.Методы борьбы со сварочными деформациями</li> <li>3.6.План раскроя заготовок</li> <li>3.7.Заготовительные операции</li> <li>3.8.Сборочные операции</li> <li>3.9.Сварочные операции</li> <li>3.10. Контроль качества сварных соединений</li> </ol> </li> <li>4.Комплект технологической документации</li> </ol>
<p><b>Перечень графического материала</b></p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>План раскроя заготовок Конструктивные элементы кромок Сборка конструкции Конструктивные элементы шва Схема выполнения сварных швов</p>
<p><b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b></p> <p><i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p><b>Раздел</b></p>	<p><b>Консультант</b></p>
<p>Обзор литературы</p>	<p>Киселев А.С., к.т.н., доцент ОЭИ</p>
<p>Описание сварной конструкции</p>	<p>Киселев А.С., к.т.н., доцент ОЭИ</p>
<p>Разработка технологии</p>	<p>Першина А.А., к.т.н.</p>
<p>Комплект технологических документов</p>	<p>Першина А.А., к.т.н.</p>
<p>Ресурсоэффективность, ресурсосбережение и финансовый менеджмент</p>	<p>Гасанов М.А., д.э.н., профессор ОСГН</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>Авдеева И.И., старший преподаватель ООД</p>

<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	09.12.2021
---	------------

**Задание выдал руководитель / консультант (при наличии):**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ	Киселёв А.С.	к.т.н. доцент		15.10.2022

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1В81	Штабель Данил Олегович		25.10.2022

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

Студенту:

Группа	ФИО
1В81	Штабель Данил Олегович

Школа	ИШНКБ	Отделение школы (НОЦ)	ОКД
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	15.03.01 Машиностроение

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

<i>1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Оклад руководителя - 43200 руб. Оклад инженера - 25000 руб
<i>2. Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	Премиальный коэффициент руководителя 30%; Премиальный коэффициент инженер 30%; Надбавки руководителя 20-30%; Надбавки инженера 20-30%; Дополнительной заработной платы 12%; Накладные расходы 16%; Районный коэффициент 30%.
<i>3. 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:**

<i>1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ</i>	Расчет конкурентоспособности SWOT-анализ
<i>2. Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок</i>	Структура работ. Определение трудоемкости. Разработка графика проведения исследования.
<i>3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	Расчет интегрального критерия: Интегральный финансовый показатель разработки; Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки; Интегральные показатель эффективности; Сравнительная эффективность вариантов исполнения.
<b>Перечень графического материала</b> (с точным указанием обязательных чертежей):	

1. «Портрет» потребителя результатов НТИ
2. Сегментирование рынка
3. Оценка конкурентоспособности технических решений

4. Матрица SWOT
5. График проведения и бюджет НТИ
6. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НТИ

Потенциальные риски

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	01.03.2022
---	------------

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
профессор	Гасанов М.А.	д. э. н.		30.03.2022

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1В81	Штабель Данил Олегович		30.03.2022

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

<b>Группа</b>		<b>ФИО</b>	
1В81		Штабель Данил Олегович	
<b>Школа</b>	<b>Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности</b>	<b>Отделение (НОЦ)</b>	<b>М.В. Тригуб</b>
<b>Уровень образования</b>	бакалавриат	<b>Направление/ специальность</b>	15.03.01 Машиностроение: Оборудование и технология сварочного производства

Тема ВКР:

<b>Технология сборки и дуговой сварки листов из легированной стали.</b>	
<b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b>	
<b>Введение</b>	<i>Объектом исследования</i> является разработка технологии сборки и дуговой сварки листов из легированной стали. <i>Рабочее место</i> располагается в отапливаемом помещении с настенной вытяжкой и смешанным освещением площадью 2000 м <sup>2</sup> . Помещение оборудовано краном мостового типа, сварочным оборудованием, оборудованием для резки и обработки заготовок. На рабочем месте имеются дополнительные источники освещения и местная островная вытяжка. Технологический процесс включает в себя следующие виды работ: работу со сварочным оборудованием, абразивным инструментом, а также работу с грузоподъемным оборудованием.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при разработке проектного решения</b>	ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация; ГОСТ 12.1.003-2014 Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие технические требования безопасности; ГОСТ 12.1.012-2004 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Вибрационная безопасность. Общие требования; ГОСТ 12.1.004-91 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Пожарная безопасность. Общие требования; СНиП 23-05-95* Естественное и искусственное освещение ГОСТ 12.1.005-88 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны; СанПиН 1.2.3685-21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания
<b>2. Производственная безопасность при разработке проектного решения:</b> 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов	Выявить вредные факторы в производственном цехе: отклонение показателей микроклимата, превышение уровня шума и вибрации, недостаточная освещённость рабочей зоны, вредные вещества, выделяющиеся в процессе сварки.

<p>2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия</p>	<p>Рассмотреть:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– требования к технике безопасности при работе со сварочным оборудованием;</li> <li>– влияние психофизиологических факторов: монотонность труда, физические и эмоциональные перегрузки,</li> <li>– предлагаемые средства защиты для работы в производственном цехе: коллективная защита (вытяжные шкафы, вентиляция); индивидуальные средства защиты (специальная одежда и обувь, защитные маски и очки, огнеупорные защитные перчатки сварщика (краги), респираторы).</li> </ul> <p>Выявить опасные факторы, относящиеся к оборудованию:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– опасность поражения электрическим током;</li> <li>- короткое замыкание;</li> <li>- статическое электричество;</li> <li>– движущиеся машины и механизмы, подвижные части производственного оборудования;</li> <li>– термическая опасность (ожоги роговицы глаз и кожных покровов);</li> <li>– работы на высоте.</li> </ul> <p>Спецодежда сварщика и СИЗ должны обладать следующими свойствами:</p> <p>Предлагаемые средства защиты: специальная одежда и обувь, защитные маски и очки, огнеупорные защитные перчатки сварщика (краги), респираторы.</p>
<p>3. Экологическая безопасность при разработке проектного решения</p>	<p>Рассмотреть необходимость применения санитарно-защитной зоны вследствие следующих видов загрязнений:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– загрязнение атмосферы: выброс газа при сварке, задымление;</li> <li>– загрязнение гидросферы: разлив смазывающе-охлаждающих жидкостей, масел;</li> <li>– загрязнение литосферы: металлическая стружка и пыль, окалины, шлак, утилизация микросхем</li> </ul>
<p>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при эксплуатации</p>	<p><b>Возможные ЧС:</b></p> <p>Природные катастрофы (наводнения, цунами, ураган и т.д.); Геологические воздействия (землетрясения, оползни, обвалы, провалы территории и т.д.); Техногенные аварии (обвал производственного здания, взрыв ресивера в случае неправильной эксплуатации или ошибки при сборке и сварке; пожар в случае взрыва ресивера около взрывчатых веществ)</p> <p><b>Наиболее типичная ЧС:</b> пожар в результате перегрева листов при сварке</p>
<p>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</p>	<p><b>01.03.2022</b></p>

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Авдеева Ирина Ивановна	-		25.03.2022

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1В81	Штабель Данил Олегович		29.03.2022

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

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности  
 Направление подготовки и (специальность) 15.03.01 Машиностроение. Оборудование и технология сварочного производства  
 Уровень образования бакалавриат  
 Отделение электронной инженерии  
 Период выполнения \_\_\_\_\_ (осенний / весенний семестр 2021 /2022 учебного года)

Форма представления работы:

ВКР бакалавра
---------------

((ВКР бакалавра/ ВКР специалиста/ ВКР магистра)

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

Обучающегося:

Группа	ФИО
1В81	Штабель Данил Олегович

Тема работы:

Технология сборки и дуговой сварки листов из легированной стали
---

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

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
17.02.2022	1. Обзор литературы	10
28.02.2022	2. Описание конструкции	10
15.03.2022	3. Разработка технологии сборки и сварки 3.1. Выбор способа сварки 3.2. Выбор сварочных материалов	10
30.03.2022	4.1. Расчет параметров режима сварки 4.2. Выбор сварочного оборудования	10
05.04.2022	5. Методы борьбы со сварочными деформациями	10
20.04.2022	6.1. План раскроя заготовок 6.2. Заготовительные операции	10
05.05.2022	7. Сборочные операции	10
15.05.2022	8.1. Сварочные операции 8.2. Контроль качества сварных соединений	10
25.05.2022	9. Комплект технологической документации	10
01.06.2022	10. Заключение	10

**СОСТАВИЛ:****Руководитель ВКР**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ	Киселёв А.С.	к.т.н. доцент ОЭИ		01.01.2022

**СОГЛАСОВАНО:****Руководитель ООП**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ	А.А. Першина	к.т.н.		01.01.2022

**Обучающийся**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1В81	Штабель Данил Олегович		01.01.2022

## Реферат

Выпускная квалификационная работа 100 листов, 2 рисунка, 22 таблицы, 37 источников, 1 приложение.

Ключевые слова: сварка высоколегированных сталей, ручная дуговая сварка, теплоустойчивая сталь, параметры режима ручной дуговой сварки плавящимся электродом.

Актуальность работы заключается в создании конструкции из разнородных сталей, части которой должны без разрушений работать в условиях, отличающихся температурой, различными механическими воздействиями (знакопеременная нагрузка, износ и т. п.), агрессивностью среды, для нефтяной и теплоэнергетической промышленности.

Объектом исследования является технология сборки и ручной дуговой сварки листов толщиной 20 мм из стали 15Х2НМФА.

Цели и задачи исследования (работы) заключаются в разработке технологии сборки и дуговой сварки листов из высоколегированной стали путем расчета необходимых параметров, подбором необходимых материалов и оборудования и составления комплекта технологической документации на изготовление конструкции.

Работа представлена введением, пятью разделами и заключением, приведен список использованных источников и приложение.

В 1 разделе «Обзор литературы» представлена информация о методах сварки высоколегированных сталей в настоящее время.

Во 2 разделе «Описание конструкции» описывается исследуемая конструкция, свойства и состав металла, из которого она состоит.

В 3 разделе «Расчет режимов ручной дуговой сварки покрытыми электродами» приведены: подробное описание процесса сборки и сварки конструкции, расчет параметров режима сварки, подбор сварочных материалов и оборудования. Даны рекомендации по подготовке конструкции к использованию.

В 4 и 5 разделах «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» и «Социальная ответственность» описаны позиции разрабатываемой технологии с экономической стороны и меры безопасности при производстве данной технологии.

В заключении изложены итоги выполненной работы, описаны этапы разработки технологии.

## **Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки**

В настоящей работе применены следующие термины с соответствующими определениями.

РДС – ручная дуговая сварка плавящимся электродом. Вид сварки.

Околошовная зона – зона основного металла, подвергшаяся нагреву от электрической дуги.

Сварочная ванна – полость, образованная расплавленным металлом от действия электрической дуги.

Корневой слой шва – первый слой сварного шва.

Прихватка – прихваточный сварной шов, служащий для предварительного соединения элементов конструкции.

В данной работе использованы ссылки на следующие стандарты:

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

2. ГОСТ 5264-80. Ручная дуговая сварка. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры.

3. ГОСТ 380-2005. Сталь углеродистая обыкновенного качества. Марки.

4. ГОСТ 535-2005. Прокат сортовой и фасонный из стали углеродистой обыкновенного качества. Общие технические условия.

5. ГОСТ 20072-74. Сталь теплоустойчивая. Технические условия.

6. СТО 9701105632-003-2021. Инструкция по визуальному и измерительному контролю.

7. ГОСТ 12.3.003-86. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Работы электросварочные. Требования безопасности.

8. ГОСТ 12.0.003-2015. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.

9. ГОСТ 12.1.005-88. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей среды.

10. ГОСТ 12.4.254-2013. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Средства индивидуальной защиты глаз и лица при сварке и аналогичных процессах.

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

12. ГОСТ 12.2.003-91. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Оборудование производственное. Общие требования безопасности.

13. ГОСТ 12.4.125-83. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Средства коллективной защиты работающих от воздействия механических факторов. Классификация.

14. ГОСТ 12.1.029. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Средства и методы защиты от шума. Классификация.

15. ГОСТ 33393-2015. Здания и сооружения. Методы измерения коэффициента пульсации освещенности.

16. ГОСТ Р 55102-2012. Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Руководство по безопасному сбору, хранению, транспортированию и разборке отработавшего электротехнического и электронного оборудования, за исключением ртутьсодержащих устройств и приборов.

17. ГОСТ Р 52105-2003. Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Классификация и методы переработки ртутьсодержащих отходов. Основные положения.

18. ГОСТ Р 55090-2012. Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Рекомендации по утилизации отходов бумаги.

19. СанПиН 2.2.4.548-96. Физические факторы производственной среды. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.

20. СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Физические факторы производственной среды. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки.

21. СНиП 23-05-95. Естественное и искусственное освещение.

22. НПБ 104-03. Проектирование систем оповещения людей о пожаре в зданиях и сооружениях.

23. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности.

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

В настоящей работе использованы следующие сокращения:

- $I_{св}$  – величина силы сварочного тока (А);
- $U_{д}$  – величина напряжения дуги (В);
- $d_{э}$  – диаметр электрода (мм);
- $V_{св}$  – скорость сварки (м/ч);
- $H$  – глубина проплавления (мм);
- $e$  – ширина сварного шва (мм);
- $g$  – выпуклость сварного шва (мм).

## Оглавление

Реферат .....	14
Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки .....	16
Введение.....	22
1 Обзор литературы. ....	24
2 Описание конструкции .....	26
2.1 Назначение и условия работы листовых конструкций .....	26
2.2 Материал сварной конструкции .....	27
2.3 Выбор сварочных материалов .....	29
2.4 Выбор способа сварки .....	29
2.5 Выбор формы подготовки свариваемых кромок .....	30
3 Расчет режимов ручной дуговой сварки покрытыми электродами .....	31
3.1 Выбор диаметра электрода.....	31
3.2 Определение сварочного тока .....	32
3.3 Напряжение на дуге.....	32
3.4 Определение числа проходов .....	33
3.5 Скорость сварки.....	34
3.6 Определение погонной энергии при сварке.....	35
3.7 Определение глубины проплавления.....	35
3.8 Особенности расчета режимов сварки сталей.....	36
3.9 Расчет режима сварки высоколегированных хромникелевых сталей.	37
3.10 Расчетная оценка ожидаемого химического состава металла шва .	37
3.11 Расчетная оценка ожидаемых механических характеристик металла шва .....	39
3.12 Рекомендации по подогреву и термообработке.....	40
3.13 Обработка после сварки .....	42
3.14 Расчет расхода сварочных материалов .....	43
3.15 Технология сварки .....	44
3.16 Оборудование для сварки.....	44
3.17 Деформации и напряжения при сварке .....	45
3.18 Вывод по разделу .....	46
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	48

4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения. ....	48
4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования .....	48
4.1.2 Анализ конкурентных технических решений .....	49
4.1.3 SWOT – анализ.....	52
4.2 Планирование научно-исследовательских работ .....	54
4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования .....	54
4.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ.....	55
4.2.3 Разработка графика проведения научного исследования.....	55
4.2.4 Бюджет научно-технического исследования (НТИ) .....	60
4.2.5 Расчет материальных затрат НТИ.....	60
4.2.6 Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ .....	61
4.2.7 Основная и дополнительная заработная плата исполнителей темы ....	61
4.2.8 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).....	63
4.2.9 Накладные расходы .....	64
4.2.10 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта. ....	65
4.3 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.....	66
4.4 Выводы по разделу. ....	68
5 Социальная ответственность .....	70
5.1 Введение.....	70
5.2 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при разработке проектного решения.....	70
5.3 Производственная безопасность при разработке проектного решения .....	71
5.3.1 Отклонение показателей воздушной среды .....	72
5.3.2 Повышенный уровень шума .....	73
5.3.3 Освещённость рабочей зоны .....	74
5.3.4 Опасность поражения электрическим током, короткое замыкание, статическое эл-во. ....	75
5.3.5 Вредные вещества, выделяющиеся в процессе сварки.....	77
5.3.6 Ожоги роговицы глаз и кожных покровов.....	78

5.3.7 Движущиеся механизмы и машины.....	79
5.3.8 Термическая опасность .....	80
5.4 Экологическая безопасность при разработке проектного решения .....	81
5.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях при эксплуатации.....	81
5.6 Выводы по разделу .....	82
Заключение .....	84
Список используемых источников.....	86
Приложение А (обязательное) Комплект технологической документации .....	90

## **Введение**

На сегодняшний день разработано и создано весомое количество сварочного оборудования и сварочных материалов. Изучены и осуществлены новые прогрессивные процессы сварки, имеющие высокую степень механизации и автоматизации. Освоена методика сварки многих различных металлов и сплавов. В связи с этим обширно развивается теория сварочных процессов.

Для успешного, непрерывного развития сварочного производства необходимо постоянное развитие в направлении ручной дуговой сварке, автоматизированной сварке в среде защитных газов, а также новаторство в области относительно новых способов сварки (лазерные сварка, ультразвуковая, плазменная). Явными преимуществами на сегодняшний день обладает полуавтоматическая сварка в сравнении с ручной дуговой, это в первую очередь высокая производительность, высокое качество сварных соединений, а также экономия электродного материала и электроэнергии.

В специальных отраслях современного машиностроения выдвигаются высокие требования к используемым материалам и сплавам для повышения качества и надежности производимых изделий. В свою очередь используемая технология сварки, в первую очередь, должна обеспечивать сохранение геометрических форм и размеров конструкции и основных свойств материала [2]. Использование механизированного сварочного оборудования на сборочно-сварочном участке, а также монтажных и монтажных кронштейнов для сборки повышает производительность труда и качество выпускаемой продукции. Особое место среди конструкционных материалов занимают сплавы с высокой устойчивостью к холоду, нагреву, коррозии и нагреву [4]. Эти материалы используются в химической, нефтяной, энергетической и ряде других отраслей промышленности. Диапазон температур, в котором в настоящее время используются сплавы включает в себя как резко отрицательные значения так и высокие температуры нагрева.

Подготовка квалифицированных кадров с помощью новейшего оборудования, программируемых станков и аппаратов способствует дальнейшему усовершенствованию уровня технологии сварки.

Используемая в технологии сталь 15Х2НМФА, относится к высокоуглеродистым сталям, с содержанием углерода 0,46...0,75% . Данные стали тяжело свариваются и при сварки во время проведения ремонтных работ могут возникнуть проблемы, которые возникают из-за большой доли углерода в составе данных сталей. Наилучшие механические свойства они приобретают после закалки с последующим отпуском.

Целью данной работы является разработка технологии сборки и сварки листов из стали марки 15Х2НМФА с геометрическими размерами 1000x1000x5мм.

## **1 Обзор литературы.**

В настоящее время сварка легированных сталей происходит путем быстрой сварки участков, чтобы температура шва не опускалась ниже температуры предварительного подогрева. При неправильной технологии сварки такой показатель может привести к деформации изделия.

Применение электродов с фтористо-кальциевым покрытием при ручной дуговой сварке способствует оптимальному содержанию в сварном шве химических элементов. Также прокаливание электродов способствует предотвращению перфорации, что значительно повышает качество сварных соединений при использовании ручной дуговой сварки.

Для более толстых листов лучшим вариантом является сварка под флюсом. Таким образом, по всей поверхности соединения состав и характеристики металла остаются стабильными. Причина явления – отсутствие сварных зазоров, связанных с заменой электродов, равномерность оплавления металла на поверхности шва. Либо применять технологию многопроходной сварки, в случае когда используется ручная дуговая сварка.

Кроме того, место проведения работ надежно защищено от окисления компонентов сплава. Это особенно важно при сварке высоколегированных сталей.

Высоколегированные сплавы, за исключением других примесей, обычно содержат не менее 16% хрома и не менее 7% никеля. Чем объясняется высокая стойкость данных сплавов к коррозии, низким и высоким температурам.

Но у каждой марки есть своя специализация, в которой она имеет маргинальные характеристики. По назначению высоколегированные стали можно разделить на жаропрочные, жаропрочные и коррозионностойкие.

После термической обработки они повышают свою прочность и пластичность. После отверждения пластические свойства улучшаются.

Применение высоколегированной стали настолько широко, что за наличие выдающихся характеристик данной стали ее применяют везде, где это целесообразно и позволяет цена конечного продукта.

Но в каждом конкретном продукте требования к ним разные. В результате при сварочных работах к сварным швам предъявляются разные требования по прочности и пластичности, что приводит к разным подходам в сварочных работах. То есть здесь все зависит от необходимости получения определенных качеств.

Наличие большого количества подходов при сварке высоколегированных сталей обусловлено тем, что они обладают весьма специфическими теплофизическими свойствами.

Они имеют низкий коэффициент теплопроводности и высокий коэффициент теплового расширения. В сочетании они предъявляют противоречивые требования к процессу сварки.

Низкая теплопроводность служит причиной возникновения увеличенной глубины проплавления, свариваемого металла. В свою очередь высокий коэффициент теплового расширения приводит к деформации свариваемых деталей, вплоть до появления коробления листов либо других деталей. Как решение можно предложить лазерную сварку, которая значительно уменьшает данное явление, так как образуется зона максимальной концентрации тепловой энергии.

При ручной электросварке высоколегированных сплавов проводят те же измерения, что и при сварке средних сплавов.

Для предотвращения образования холодных трещин в наплавленном металле необходимо использовать материалы с низким содержанием водорода. Также необходимо учитывать, что в течение сварки при необходимости подогрева должна поддерживаться температура в диапазоне  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$  от рассчитанной температуры, контроль за соблюдением данного условия должен производиться с помощью специальных приборов, например инфракрасных термометров.

## **2 Описание конструкции**

### **2.1 Назначение и условия работы листовых конструкций**

Конструкции из листового металла достаточно широко используются во многих отраслях промышленности и, согласно статистике, производимой в России, составляют около 35% всех металлоконструкций [2]. Критериями от которых зависят стоимость строительства, эксплуатационные качества создаваемого объекта, являются тип и размер листовых конструкций. Также они во многом определяют расход металла и других материалов, электроэнергию, топливо, трудозатраты на работу, транспортные расходы, транспортировку, монтаж конструкций и т. д.

Экономия металла, обеспечение технологичности изготовления, ускорение монтажа и повышение производительности конструкций из листового металла сегодня являются основой их рационального проектирования. Снижение сложности изготовления конструкций из листового металла может быть достигнуто за счет создания специализированных цехов по изготовлению конструкций из листового металла, оснащенных высокопроизводительным оборудованием и современными средствами контроля сварного шва.

В этой работе используется конструкция состоящая из двух листов высоколегированной стали, выполняемые работы с которой указаны в ФЮРА. 60100.009.

В процессе изготовления конструкции с использованием сварки плавлением источник теплоты, в основном должен передвигаться вдоль свариваемого соединения, чтобы была возможность сваривать объекты с неограниченными размерами непрерывно и не создавая дополнительных технологических операций. [2]

Листовые конструкции из стали 15Х2НМФА зачастую используются в изготовлении энергетических блоков для атомных электростанций при этом подвергаются предварительной термической обработки.

## 2.2 Материал сварной конструкции

Согласно заданию по теме бакалаврской квалификационной работы, выбрана листовая сталь марки 15X2НМФА, которая относится к аустенитному классу. Структура этих сталей состоит из стабильного однофазного твердого раствора хрома и никеля в аустените с содержанием феррита не выше 2%. Сталь 15X2НМФА относится к гетерогенным сталям, в которых упрочнение происходит за счет выделения карбидных или интерметаллидных фаз ( $Fe_2W$ ,  $Fe_2Mo$ ,  $Fe_2Ti$  и другие)

Выбор материала является основной задачей конструкции, поскольку материал существенно влияет на массу конструкции, ее эксплуатационные качества и рентабельность изготовления. Стабильность его свойств является важным параметром качества материала, небольшой интервал в распространении его механических характеристик также является важным параметром. Основными факторами при выборе материала должны быть: свариваемость, сумма первоначальных затрат, обработка используемых деталей.

Сталь 15X2НМФА также используется в сварных конструкциях, работающих в контакте с окислительными средами - это резервуары, резервуары, технологическое оборудование.

Химический состав этой стали представлен в таблице 1, а механические свойства приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Химический состав стали 15X2НМФА, в % .

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	V	Cu
До 0.15	До 0.3	0.6	1 - 1.5	до 0.02	до 0.02	1,8 - 2,3	0.1 - 0.12	до 0.3

Стали аустенитного класса имеют теплопроводность в 4 раза ниже, а коэффициент линейного расширения в 1,5 раза выше, чем у низкоуглеродистых

сталей. При выполнении сварки это приводит к тому что в результате неравномерного нагрева, увеличиваются деформации и остаточные напряжения.

Стали аустенитного класса обладают высоким электрическим сопротивлением, что способствует сильному нагреву электрода при ручной дуговой сварке, и сварочной проволоки при сварке механизированным способом в среде защитных газов [5].

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

$$C_{\text{ЭКВ.Х}} = 0,15 + \frac{0,6}{6} + \frac{2 + 0,12}{5} + \frac{0,7}{4} + \frac{0,3 + 1}{15} = 0,93$$

Следовательно для данной стали необходим предварительный подогрев, т.к.  $C_{\text{ЭКВ.Х}} > 0,45\%$ .

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

$$C_{\text{ЭКВ.р}} = 0,005 \cdot 20 \cdot 0,93 = 0,093$$

$$C_{\text{ЭКВ.пол}} = C_{\text{ЭКВ.Х}} + C_{\text{ЭКВ.р}}, \quad (3)$$

$$C_{\text{ЭКВ.пол}} = 0,93 + 0,093 = 1,023$$

Определив полный эквивалент углерода, необходимую температуру предварительного подогрева можно рассчитать по формуле:

$$T_{\text{п}} = 350 \sqrt{C_{\text{ЭКВ.пол}} - 0,25} \quad (4)$$

$$T_{\text{п}} = 350 \sqrt{1,023 - 0,25} = 307,72$$

Данная сталь обладает ограниченной свариваемостью, по этому подогрев для сварки необходим. Термообработка до сварки и при сварке необходима.

Свариваемость высоколегированных сталей оценивается через эквивалентное содержание хрома и никеля, в состав которых входят основные легирующие элементы стали.

$$Cr_{\text{ЭКВ}} = \%Cr + 1,5 \cdot \%Si + 0,5 \cdot \%Nb + \%Mo + 0,8 \cdot \%V \quad (5)$$

$$Ni_{\text{ЭКВ}} = \%Ni + 30 \cdot \%C + 0,5 \cdot \%Mn + 30 \cdot \%N \quad (6)$$

$$Cr_{\text{ЭКВ}} = 2 + 1,5 \cdot 0,37 + 0,7 + 0,8 \cdot 0,12 = 3,351$$

$$Ni_{\text{экв}} = 1 + 30 \cdot 0,15 + 0,5 \cdot 0,6 = 5,8$$

### **2.3 Выбор сварочных материалов**

Так как сталь 15Х2НМФА является высоколегированной сталью необходимо использовать ГОСТ 10052–75.

Согласно данному ГОСТу, используем электроды марки УОНИ-13/45.

Тип данных электродов используется в сварке ответственных конструкций, в условиях пониженной температуры и требует тщательно зачищенной поверхности. Предел прочности шва при этом может достигать 450 Мпа. Тип покрытия - основной, дает возможность защитить шов от горячих трещин. Также из-за минимального окисления такого покрытия, кислород плавящегося металла при сварке не выделяется. При сварке большинства марок стали с применением данных электродов необходимо использовать источник постоянного тока обратной полярности. [10]

### **2.4 Выбор способа сварки**

При изготовлении конструкций можно использовать многие виды сварки, но основным процессом сварки в промышленности является ручная дуговая сварка. При ручной дуговой сварке высоколегированных сталей в первую очередь необходимо проверить требуемый химический состав металла шва. Для этого, чтобы уменьшить обесцвечивание легирующих элементов, используются электроды, покрытые фторидом кальция (основным). Сварка выполняется короткой дугой без поперечных колебаний электрода, что снижает риск образования дефектов на поверхности основного металла из-за прилипания брызг. В дальнейшем эти места могут стать очагами появления коррозии. Чтобы избежать разбрызгивания, рекомендуется использовать смазочные материалы, спреи на силиконовой основе. По сравнению с автоматической дуговой сваркой под флюсом ручная дуговая сварка под флюсом не только более экономична, но и более разнообразна.

## 2.5 Выбор формы подготовки свариваемых кромок

Для сварки листов из стали 15Х2НМФА кромки будут со скосом односторонние. Обозначение С17 Рисунок 1. Для аустенитно-ферритных хромоникелевых сталей подготовку кромок выполняют механической обработкой, чтобы исключить тепловое воздействие термической резки на основной материал.

По причине того, что толщина листов равняется 20 мм., то согласно ГОСТ 5264-80  $b=2^{+1}_{-2}, c=1\pm 1, \alpha=25\pm 2^\circ, e=26\pm 3, g=0,5^{+2}_{-0,5}$

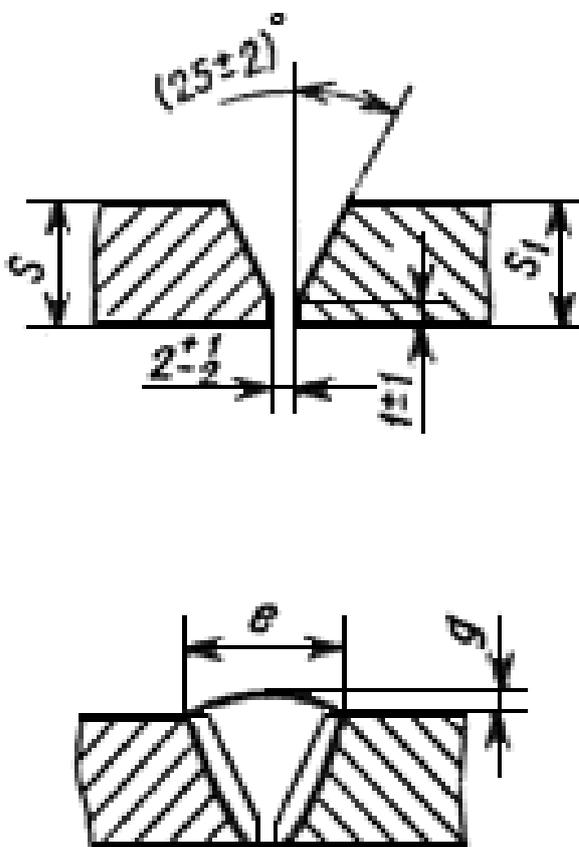


Рисунок 1– Подготовка свариваемых кромок со скосом односторонним

### **3 Расчет режимов ручной дуговой сварки покрытыми электродами**

Режим режимов сварки - это совокупность основных и дополнительных характеристик процесса сварки, обеспечивающих получение сварных швов заданных размеров, форм и качества. При дуговой сварке, покрытыми электродами, основными параметрами режима сварки являются: диаметр электрода, сила сварочного тока, напряжение дуги, поперечное сечение шва, выполняемого за один проход, количество проходов, пол и полярность тока и другие в качестве конкретного марку электрода выбирают исходя из свойств основного металла, таких параметров режима сварки, как тип тока, полярность, коэффициент наплавки, указанных в справочнике или в паспорте покрытых электродов. Определение и расчет других параметров режима сварки обычно начинаются с выбора диаметра электрода, поскольку он в значительной степени определяет другие параметры.

Одним из плюсов ручной дуговой сварки является то, что её можно проводить во всех пространственных положениях и в условиях монтажа. Этим способом сваривают как черные, так и цветные металлы, а также различные сплавы практически любой толщины. Также свое место покрытые электроды нашли и при наплавке. Основной объем работ проводится при ручной сварке электродами 2-6 мм при силе тока 100-400 А и напряжении дуги 18-30 В. В ряде особых случаев могут использоваться электроды меньшего или большего диаметра.

Согласно ГОСТ 10052-75, выбираем марку электрода УОНИ-13/45. Временное сопротивление разрыву, которого равно 735 МПа, при этом у самой стали оно равняется 610 МПа. Электроды марки УОНИ-13/45 имеют основное покрытие.

#### **3.1 Выбор диаметра электрода**

По толщине шва подбираем диаметр электрода. Толщине листа равной 20мм соответствует электрод с диаметром 3мм.

### 3.2 Определение сварочного тока

Расчёт силы сварочного тока при сварке покрытыми электродами производится по диаметру электрода и допустимой плотности тока.

$$I_{\text{св}} = \frac{\pi \cdot d_{\text{э}}^2}{4} \cdot j \quad (7)$$

где  $d_{\text{э}}$  – диаметр электродного стержня, мм;

$j$  – допустимая плотность тока, А/мм<sup>2</sup>.

$$j = 10 \text{ А/мм}^2$$

$$I_{\text{св}} = \frac{3,14 \cdot 3^2}{4} \cdot 11 = 77,7 \text{ А}$$

Так как сталь 15Х2НМФА является высоколегированной, то сила сварочного тока выбирается на 10...30 % меньше, чем при сварке низколегированных сталей, следовательно:

$$I_{\text{св}} = 77,7 \text{ А}$$

### 3.3 Напряжение на дуге

Напряжение на дуге при дуговой сварке покрытыми электродами изменяется в пределах 20...34 В. При проектировании технологических процессов сварки напряжение выбирается на основании рекомендаций справочников и паспорта на данную марку электрода.

Для расчета воспользуемся формулой:

$$U_{\text{д}} = 20 + 0,04 \cdot I_{\text{св}} \quad (8)$$

$$U_{\text{д}} = 20 + 0,04 \cdot 77,7 = 23,1 \text{ В,}$$

Так как для электродов с основным покрытием значения дуги целесообразно повысить до 5 %, то:

$$U_{\text{д}} = 24,2 \text{ В.}$$

### 3.4 Определение числа проходов

Для определения числа проходов при сварке швов стыковых соединений с разделкой кромок необходимо рассчитать общую площадь поперечного сечения наплавленного металла, для этого используем формулу:

$$F_H = h^2 \cdot \operatorname{tg}\alpha + b \cdot S + 0,75 \cdot q \cdot e \quad (9)$$

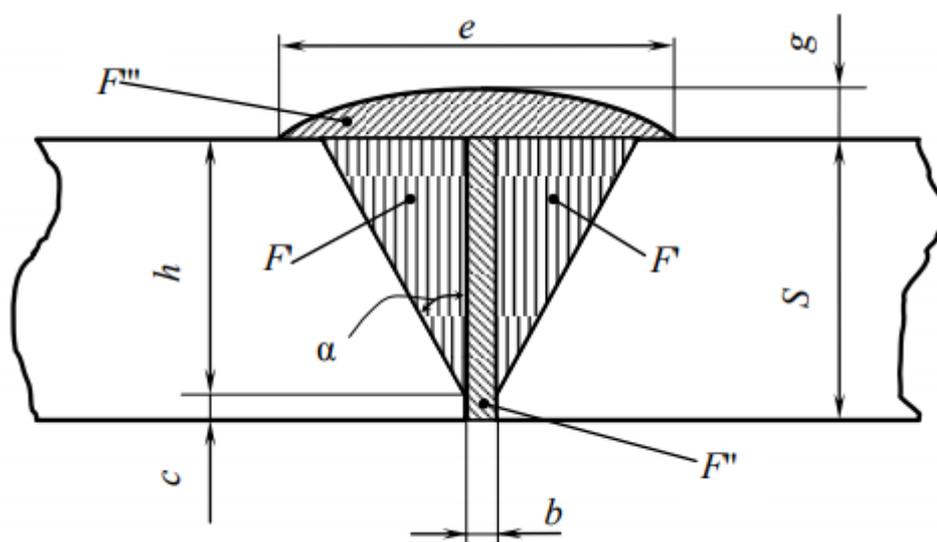


Рисунок 2 – Определение числа проходов

$$F_H = 19^2 \cdot \operatorname{tg}25^\circ + 2 \cdot 20 + 0,75 \cdot 0,5 \cdot 26 = 218,09 \text{ мм}^2$$

При сварке швов стыковых соединений площадь поперечного сечения металла, наплавленного за один проход, при которой обеспечиваются оптимальные условия формирования, должна составлять не более,  $\text{мм}^2$  :

для первого прохода (при сварке корня шва)

$$F_1 = (6 \dots 8) \cdot d_3 \quad (10)$$

для последующих проходов

$$F_H = (8 \dots 12) \cdot d_3 \quad (11)$$

$$F_1 = 7 \cdot 3 = 21 \text{ мм}^2$$

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

Для того чтобы обеспечить заданную геометрию возьмем найденную общую площадь поперечного сечения наплавленного металла и площади поперечного сечения наплавленного металла при первом и каждом последующем проходах и найдем необходимое число проходов:

$$n = \frac{F_{\text{н}} - F_1}{F_{\Pi}} + 1 \quad (12)$$

$$n = \frac{218,09 - 21}{30} + 1 = 4,66 \approx 5$$

### 3.5 Скорость сварки

Скорость дуговой сварки покрытыми электродами обычно задается и контролируется косвенно по необходимым размерам получаемого сварного шва и может быть определена по формуле:

$$V_{\text{св}} = \frac{\alpha_{\text{н}} \cdot I_{\text{св}}}{3600 \cdot \gamma \cdot F_{\text{н}}} \quad (13)$$

$$V_{\text{св}} = \frac{9,2 \cdot 77,7}{3600 \cdot 7,8 \cdot 218,09} = 0,00011 \text{ мм/с}$$

где  $\alpha_{\text{н}}$  - коэффициент наплавки;  $\gamma$  - плотность металла электрода в г/см<sup>3</sup>;

$F_{\text{н}}$  - площадь металла в см<sup>2</sup>

В выборе скорости сварки принятие решение стоит за самим сварщиком, так как во многом от его квалификации и будет зависеть данный параметр. На выбор сварщика также влияют свойства основного металла; характеристики используемого электрода; положение шва в пространстве.

Также необходимо помнить, что с увеличением скорости сварки появляется уменьшение ширины шва. При этом сначала происходит увеличение глубины провара на малом промежутке времени, после чего она начинает уменьшаться. Но за счет увеличения силы тока, от данной проблемы можно избавиться. Из-за недостаточного прогрева во время высокой скорости

сварки, для получения качественного шва, возможно образование подрезов на обоих свариваемых деталях. [12 ]

От постановки выбора скорости сварки также зависит плавность перехода от жидкого металла к основному чтобы избежать возникновения дефектов в виде наплывов и подрезов. При сварке высоколегированных сталей зачастую рекомендуют проводить с большой скоростью, чтобы не допустить перегрева.

Таким образом правильный выбор такого параметра, как скорость сварки обеспечит качественное соединение металлов без образования дефектов.

### 3.6 Определение погонной энергии при сварке

Для дальнейших вычислений требуется расчёт погонной энергии при сварке, выполняемый по формуле . Значение погонной энергии определяет количество энергии, вводимое в единицу длины шва (Дж·с/см):

$$q_{\Pi} = \frac{q_{\text{эф}}}{V_{\text{св}}} = \frac{I_{\text{св}} \cdot U_{\text{д}} \cdot \eta_{\text{И}}}{V_{\text{св}}} \quad (14)$$

$$q_{\Pi} = \frac{77,7 \cdot 24,2 \cdot 0,8}{0,00011} = 13675200 \text{ Дж/см}$$

### 3.7 Определение глубины проплавления

При необходимости глубина проплавления при наплавке валика на лист может быть определена с достаточной степенью точности по формуле:

$$r = \sqrt{\frac{2 \cdot q_{\Pi}}{\pi \cdot e \cdot c_{\rho} \cdot T_{\text{пл}}}} \quad (15)$$

Если в формулу подставить значения всех констант для низкоуглеродистых и низколегированных конструкционных сталей, то получим, что расстояние до

изотермы плавления определяется выражением, в котором погонная энергия подставляется в тепловых величинах, Дж/см:

$$r = 0,005588 \cdot \sqrt{q_{\text{п}}} \quad (16)$$

$$r = 0,005588 \cdot \sqrt{13675200} = 20,6 \text{ мм}$$

Так как действительные условия ввода теплоты в изделие при ручной дуговой сварке отличаются от расчётной схемы, то глубина провара определяется по формуле:

$$H = (0,5 \dots 0,7) \cdot r \quad (17)$$

$$H = 0,7 \cdot 20,6 = 14,4 \text{ мм}$$

Данная глубина проплавления удовлетворяет условиям.

### **3.8 Особенности расчета режимов сварки сталей**

Сварка на режимах, рассчитанных согласно изложенной методике, обеспечивает получение швов с оптимальными размерами и формой. Однако, во многих случаях вследствие структурных превращений, протекающих как в шве, так и в зоне термического влияния (ЗТВ), она не обеспечивает требуемых свойств сварного соединения. Поэтому удовлетворительное формирование швов является необходимым, но недостаточным критерием оценки режима сварки разнообразных конструкционных материалов. Режим сварки не только должен обеспечить хорошее формирование швов, но и не вызвать существенного ухудшения свойств околошовной зоны, в первую очередь её пластичности и ударной вязкости. Следовательно, вторым условием выбора рационального режима сварки является обеспечение такого термического цикла, который обеспечит оптимальные свойства ЗТВ и металла шва. Для расчётного определения режима сварки, исходя из второго условия, необходимо выбрать критерии оценки технологии и режима сварки. При их выборе необходим строго дифференцированный подход. Он зависит от физико-

химических свойств свариваемых металлов и сплавов и от того, в каких зонах сварного соединения при данном виде или способе сварки возникают опасные дефекты или происходят неблагоприятные изменения структуры и свойств, снижающие прочность конструкции в целом.

### **3.9 Расчет режима сварки высоколегированных хромникелевых сталей**

Основная область применения данных сталей определяется высоким легированием и обеспечивает высокую коррозионную стойкость в агрессивных средах. При сварке высоколегированных хромникелевых аустенитных сталей под влиянием термического цикла сварки могут протекать процессы, в результате которых произойдет потеря стойкости металла против коррозии, что немаловажно при эксплуатации сварной конструкции. Важной задачей является обеспечение стойкости против коррозии не только самого металла, но и сварного шва с зоной термического влияния. В большинстве случаев межкристаллитная коррозия поражает зону сплавления и зону термического влияния. Вследствие этого обеспечение 50 благоприятного термического цикла при сварке данных сталей является актуальной задачей.

Определяем скорость охлаждения:

$$V_{\text{охл}} = -2\pi \cdot \lambda \cdot \omega \cdot \frac{(T_T - T_{II})^2}{q_{II}} \quad (18)$$

$$V_{\text{охл}} = -2\pi \cdot 32 \quad (19)$$

$$V_{\text{охл}} = 200,96$$

### **3.10 Расчетная оценка ожидаемого химического состава металла шва**

Химический состав металла шва влияет прежде всего на его структуру и механические свойства, от него зависят технологическая и эксплуатационная прочность шва. Химический состав металла шва определяется составом

основного и электродного металлов и долей их участия в металле шва, а значит способом и режимом сварки. Поэтому при оценке режима сварки по структурным критериям может возникнуть необходимость его корректировки.

Доля участия основного металла в металле шва определяется после расчёта площади проплавления и наплавки:

$$\gamma_0 = \frac{F_{\text{пр}}}{F_{\text{пр}} + F_{\text{н}}} = \frac{F_{\text{пр}}}{F_{\text{ш}}} \quad (20)$$

где  $F_{\text{н}}$  – площадь наплавленного металла;

$F_{\text{пр}}$  – площадь проплавления основного металла;

$F_{\text{ш}}$  – общая площадь шва

При этом:

$$F_{\text{пр}} = Bh \frac{1}{2} \quad (21)$$

$$F_{\text{пр}} = 26 \cdot 19 \cdot \frac{1}{2} = 247 \text{ мм}^2$$

$$\gamma_0 = \frac{218}{218 + 247} = 0,47 \text{ мм}^2$$

Формула для расчета состава металла шва:

$$[R]_{\text{ш}} = [R]_{\text{ом}} \cdot \gamma_0 + (1 - \gamma_0) \cdot [R]_{\text{э}} \pm \Delta R \quad (22)$$

$[R]_{\text{ш}}$  – содержание элемента в шве или проходе, %;  $[R]_{\text{ом}}$  – содержание элемента в основном металле, %;  $[R]_{\text{э}}$  – содержание элемента в электродной проволоке или наплавленном металле покрытыми электродами;

$$[C] = 0,15 \cdot 0,47 + (1 - 0,47) \cdot 0,13 = 0,14$$

$$[Mn] = 0,6 \cdot 0,47 + (1 - 0,47) \cdot 0,8 = 0,7$$

$$[Cr] = 2 \cdot 0,47 + (1 - 0,47) \cdot 10 = 6,24$$

$$[V] = 0,12 \cdot 0,47 + (1 - 0,47) \cdot 0,3 = 0,22$$

$$[Mo] = 0,7 \cdot 0,47 + (1 - 0,47) \cdot 0,8 = 0,75$$

$$[Ni] = 1 \cdot 0,47 + (1 - 0,47) \cdot 0,7 = 0,84$$

### 3.11 Расчетная оценка ожидаемых механических характеристик металла шва

При разработке технологического процесса сварки в зависимости от требований можно рассчитывать все или только отдельные промежуточные и выходные характеристики: а) скорость охлаждения металла и ЗТВ, длительность его пребывания в опасном интервале температур ( $V_{\text{охл}}$ ,  $t_{\text{в}}$ ); б) долю участия основного металла в формировании шва, определяемую расчётом величин  $F_{\text{пр}}$ ,  $F_{\text{н}}$  и коэффициентом  $\gamma_0$ ; в) химический состав металла шва для всех легирующих элементов; г) механические свойства металла шва: предел прочности  $\sigma_{\text{вш}}$ , предел текучести  $\sigma_{\text{тш}}$ , относительное удлинение  $\delta_{\text{ш}}$ , относительное поперечное сужение  $\psi_{\text{ш}}$ , ударную вязкость  $KCU_{\text{ш}}$ .

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 для конструкционных сталей рекомендуют использовать эмпирические зависимости

$$\sigma_{\text{вш}} = 4,8 + 50C + 25,2Mn + 17,5Si + 23,9Cr + 7,7Ni + 8W + 70Ti + 17,6Cu + 29Al + 16,8Mo \quad (23)$$

Для относительного удлинения шва:

$$\delta_{\text{ш}} = 50,4 - (21,8C + 15Mn + 49Si + 5,8Cr + 2,4Ni + 2,2W + 6,6Ti + 6,2Cu) + 17,1Al + 2,7Mo \quad (24)$$

Для ударной вязкости шва при  $T = 293 \text{ K}$ , Дж/см<sup>2</sup>:

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

Для предела текучести шва:

$$\sigma_{\text{тш}} = 0,73 \cdot \sigma_{\text{вш}}, \text{ Мпа} \quad (26)$$

Для относительного поперечного сужения:

$$\psi_{\text{вш}} = 2,32 \cdot \delta_{\text{ш}}, \% \quad (27)$$

Методик расчёта ожидаемых механических характеристик металла шва на средне- и высоколегированных сталях нет. Так как сталь 15X2НМФА является высоколегированной, то по литературным источникам (Таблица 2) необходимо найти механические характеристики для неё и представить как типовую для указанной стали и конкретного способа сварки [7].

Таблица 2– Механические параметры стали 15X2НМФА

Временное сопротивление разрыву, МПа	735
Относительное удлинение, %	588
Ударная вязкость КСУ, Дж/кв.см при +20 °С	14
Ударная вязкость КСУ, Дж/кв.см при -40 °С	49

### 3.12 Рекомендации по подогреву и термообработке

Для предварительного подогрева листов могут использоваться как газовые горелки, так и более эффективные и прогрессивные методы, такие как, например, индукционный подогрев. Индукционный подогрев более удобен с технологической точки зрения, к тому же он уменьшает наводораживание шва по сравнению с газовым пламенем. Однако газопламенный подогрев дешевле и поэтому до сих пор широко применяется. Температуру подогрева деталей контролируют в основном с помощью термокарандашей. Термокарандаш по внешнему виду напоминает цветной мелок. Цветную метку которого наносят на участок изделия, где нужно контролировать температуру. Затем изделие нагревают и следят за изменением цвета метки, которое происходит определенной для данного карандаша температуре. Термокарандаши выпускают с шагом изменения температуры в 50 °С. [9]

Следует отметить, что наличие мелкого зерна не всегда свидетельствует о полном исправлении отрицательного воздействия предшествующей высокотемпературной обработки. При наличии мелкого зерна в предварительно перегретой стали могут сохраняться границы первичного аустенитного зерна. Полное устранение перегрева обеспечивается изотермическим отжигом.

При сравнении механических свойств стали 15X2НМФА после проведении двух режимов обработки [16]:

Режим 1: нагрев  $1200^{\circ}\text{C}$ , выдержка 2 часа, охлаждение со скоростью  $50^{\circ}/\text{ч}$  до  $640^{\circ}\text{C}$ , выдержка 4 часа, нагрев с  $v = 70^{\circ}/\text{ч}$  до  $960^{\circ}\text{C}$ , выдержка 2 часа, охлаждение с  $v = 200^{\circ}/\text{ч}$ , до  $250-300^{\circ}\text{C}$ ; нагрев до  $660^{\circ}\text{C}$ , выдержка 8 часов, охлаждение на воздухе.

Режим 2: нагрев на  $1200^{\circ}\text{C}$ , выдержка 2 часа, пересадка в печь на  $670^{\circ}\text{C}$ , выдержка 24 часа, нагрев с  $v = 70^{\circ}\text{C}/\text{ч}$  до  $960^{\circ}\text{C}$ , выдержка 2 часа, пересадка в печь на  $670^{\circ}\text{C}$ , выдержка 36 часов, охлаждение на воздух

Можно сделать вывод, что после обработки в условиях первого режима сохраняются следы перегрева и крупного зерна, несмотря на то, что скорости охлаждения были в пределах  $20-30^{\circ}/\text{ч}$ . При обработке по второму режиму создавались условия для исправления зерна за счет полного распада аустенита при  $670^{\circ}\text{C}$ . Далее обе партии прошедшие разные режимы необходимо подвергнуть общей термической обработке: посадка в печь на  $650^{\circ}\text{C}$ , выдержка 3 часа, нагрев с  $v = 70^{\circ}/\text{ч}$  до  $920^{\circ}\text{C}$ , выдержка 2 часа, охлаждение с  $v = 600-800^{\circ}/\text{ч}$ , отпуск при  $650^{\circ}\text{C}$ , 30 часов.

Свойства стали 15X2НМФА-А после обоих режимов предварительной и окончательной термической обработки приведены в таблице 3. Полученные данные свидетельствуют о том, что степень устранения следов перегрева во многом определяет стабильность и уровень ударной вязкости.

Таблица 3– Результаты механических испытаний

Режим	Механические свойства при температуре испытаний, °С											
	+20				+350				+20	-10	+20	-10
	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_B$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\Psi$ , %	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_B$ , Н/ мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\Psi$ , %	KCV, ДЖ/см <sup>2</sup>	Содержан ие волокна, %		
Режим 1 + окон. т/о	658	745	22	73,3	561	653	19	71, 6	275	7	100	0
	651	731	21,7	79,8	659	659	20	70, 6	304	123	100	25
									177	7	60	0
Режим 2 + окон. т/о	613	700	23,7	76,6	558	651	18	71,6	251	198	100	50
	622	705	22,3	76	559	650	17,3	67,9	250	181	100	55
									224	197	100	55

### 3.13 Обработка после сварки

По причине того, что сталь 15Х2НМФА является высоколегированной сталью из данной в учебном пособии таблицы находим, что рекомендуемый режим подогрева доходит до 400 °С, исходя из таблицы 4.

Таблица 4 – Режимы подогрева

Класс стали	Рекомендуемый режим подогрева, °С
Низкоуглеродистая (до 0,22% С)	120...150 °С ( на многослойных швах, при сварке $\delta > 40$ мм)
Среднеуглеродистая (0,23...0,45% С)	150...300 °С
Высокоуглеродистая	300...450 °С
Низкоуглеродистая	200...250 °С
Легированная конструкционная	До 400 °С
Теплоустойчивая	250...400 °С
Жаропрочная аустенитная	Без прогрева
Коррозионно-стойкая неаустенитного класса	До 400 °С

После установки необходимого режима подогрева, следует выявить термическую обработку сварного соединения, если в процессе сварки будут образовываться неблагоприятные структуры. Для стали 15Х2НМФА, которая является теплоустойчивой с толщиной свариваемых листов  $s=20$ мм отпуск будет проходить при температуре от 700 до 730 °С. Согласно таблицы 5.

Таблица 5 – Режимы термообработки

Сталь	Ориентировочный режим термообработки, °С
Углеродистая	Отпуск при 650...670 °С для снятия сварочных напряжений, выравнивания структуры и механических свойств
Низколегированная повышенной прочности	Отпуск при 670...700 °С для снятия сварочных напряжений, выравнивания структуры и механических свойств
Теплоустойчивая 15ХМ, 12Х1МФ, 20ХМФ, 20ХМФЛ	При толщине $S > 10$ мм отпуск при 700...730 °С, при $S = 3,5$ мм отпуск при 720...740 °С
Жаропрочная и коррозионноустойчивая	Сварные соединения стали аустенитного класса – стабилизация при 780...820 °С или аустенизация при 1000...1100 °С. Сварные соединения стали и ферритного класса – отпуск при 700...800 °С

### 3.14 Расчет расхода сварочных материалов

Для каждого способа сварки необходимо определить расход сварочных материалов. Расход сварочных материалов пропорционален количеству 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.

Требуемый расход покрытых электродов при ручной дуговой сварке находится по формуле:

$$G_э = G_H \cdot (1,6 \dots 1,8), \quad (28)$$

где  $G_H$  – масса наплавленного металла, определяемая по формуле:

$$G_H = F_H \cdot l_{ш} \cdot \gamma_H \quad (29)$$

где  $F_H$  – площадь наплавки;

$l_{ш}$  – длина шва или провариваемого участка;

$\gamma_H$  – плотность наплавленного металла.

Следовательно:

$$G_H = 218,09 \cdot 200 \cdot 7,8 = 340220,4 \text{ г.}$$

$$G_э = 1,7 \cdot 340220,4 = 578374,68 \text{ г.}$$

### 3.15 Технология сварки

Электроды типа УОНИ-13/45 требуют прокалки перед процессом сварки при температуре 380-400 °С, длительностью 1 час. Сварка выполняется короткой дугой по тщательно зачищенной поверхности с предварительным подогревом до температуры 350-400 °С. Ширина зачистки свариваемых кромок равна 10 мм на всю длину шва.

Согласно РД 153-34.1-003–01 (РТМ-1с) при сборке длина прихваток должна быть 30-40 мм, высотой 5-6 мм, в количестве 3 штук.

После сварки шов необходимо очистить от шлака и брызг. При быстром охлаждении возможно образование трещин.

### 3.16 Оборудование для сварки

Согласно силе сварочного тока  $I_{св} = 194,29$  тип источника питания Lincoln Electric Idealarc DC-400.

Для электродов типа УОНИ-13/45 требуется постоянный ток с обратной полярностью.

Индекс электрода равен 6, так как ток холостого хода на источнике питания 80 вольт (в таблице 5  $70\pm 5$ ), полярность обратная.

Таблица 6 – Выбор полярности

$\sim U_{20}, \text{В}$	Полярность		
	любая	прямая	обратная
$\sim I$ не применим	-	-	0
$50\pm 5$	1	2	3
$70\pm 5$	4	5	6
$90\pm 5$	7	8	9

Следовательно переменный ток может быть задействован.

### 3.17 Деформации и напряжения при сварке

Неравномерный нагрев металла при сварке и его расширение вызывают появление собственных деформаций и напряжений. В отличие от напряжений, создаваемых рабочими нагрузками, собственные деформации и напряжения существуют в теле при отсутствии внешних сил. Собственные напряжения классифицируют в зависимости от причин их образования, продолжительности существования, характера напряжённого состояния и объёма их взаимного уравнивания. Деформации металла могут быть упругие и пластические. Упругие деформации пропорциональны действующим напряжениям. Кроме напряжений и деформаций, характеризующих состояние отдельных объёмов металла, при сварке возникают перемещения, характеризующие изменение положения точек сварной конструкции в пространстве. Это – укорочение, изгиб, поворот сечений, потеря устойчивости листовых элементов и др. Перемещения позволяют судить об изменении формы конструкции и о величине возникающих искажений. Деформации и перемещения могут быть временные и остаточные. Внутренние напряжения уменьшают прочность сварной конструкции. Кроме того, если сварной шов нагружен внешними силами, то внутренние напряжения, накладываясь на напряжения от внешних сил, снижают запас прочности

конструкции, а в некоторых случаях могут вызвать её разрушение. Для уменьшения внутренних напряжений и деформаций применяют ряд технологических мер и приёмов наложения сварных швов. Большое значение имеют правильный выбор конструкции изделия, расположение сварных швов, последовательность их выполнения и режимы сварки.

Уменьшение размеров изделия после сварки определяется выражением:

$$\Delta L = 0,83 \cdot 10^{-6} \frac{q_{\text{п}}}{A} L, \quad (30)$$

где  $q_{\text{п}}$  – погонная энергия дуги;

$L$  – длина изделия;

$A$  – площадь сечения шва.

$$\Delta L = 0,83 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{22661985,6}{465} \cdot 200 = 8,09 \text{ мм}$$

### 3.18 Вывод по разделу

Результатом выполнения данного раздела является разработанная технология сборки и дуговой сварки покрытыми электродами стыкового соединения листов из стали 15Х2НМФА, толщиной 12 мм. Произведен расчет параметров режима для ручной дуговой сварки покрытыми электродами, при помощи которых можно осуществить сварку данной конструкции, обеспечивая при этом полное проплавление, благоприятное формирование сварного шва и равнопрочность сварного соединения. Определены режимы термообработки свариваемого стыка труб до и после сварки, так как одна из труб изготовлена из теплоустойчивой стали, которая ввиду своей ограниченной свариваемости должна подвергаться подогреву перед проведением сварочных работ. Во избежание возможных деформаций конструкции назначен высокотемпературный отпуск. Рассчитан необходимый объем сварочных материалов. Определена схема сборки и сварки с учетом термообработки до сборки и сварки и после сварки. Приведены методы контроля выполненного сварного соединения. Однако до начала производственных работ по рассчитанным и назначенным режимам требуется

проверка их на практике. Приложение А является комплектом технологической документации на изготовление конструкции, разработанный в связи с вышеперечисленными требованиями и 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**

Цель исследования в рамках проекта: Разработать технологию сборки и сварки листов из стали марки 15Х2НМФА с геометрическими размерами 1000х1000х20мм. Изделие предназначено для эксплуатации в условиях химического производства.

Целью разработки технологии сборки и сварки листов из стали марки 15Х2НМФА является качество, долговечность, безопасность, экологичность.

Рассмотрим конкурентную среду. Критериями сегментирования для предприятия являются отрасль и размер предприятия.

Таблица 7 – Карта сегментирования рынка по изготовлению листов

Размер	Отрасль потребления		
	НефтеХимическая	Транспортная	Пищевая
Крупные	ООО «Томскнефтехим»	НПО «Спецнефтемаш»	
Средние		Компания «СтальПартнер»	
Мелкие			Компания «Сталь Партнер»

На рынке применения технологии сварки листов из стали марки 15Х2НМФА имеются следующие конкуренты:

- Компания ООО «Томскнефтехим» нефтехимическое предприятие, специализирующееся на выпуске комплектующих деталей автомобилей, аккумуляторных батарей, деталей для телевизионной промышленности и светотехники, изделий радиоэлектроники, радиотехники, приборостроения.

- Компания «Сталь Партнер», которая изготавливает железнодорожные цистерны и автоцистерны, а также производство

емкостей для пищевой промышленности;

- НПО «Спецнефтемаш» изготавливает цистерны и резервуары для хранения и транспортировки нефтяных и химических продуктов

Указанные предприятия - конкуренты имеют определенную долю рынка по применению технологии сварки листов из стали марки 15Х2НМФА.

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

Динамичное состояние рынков и высокая конкуренция побуждают к постоянному детальному анализу разработок и технологий производства обечаек из стали марки 15Х2НМФА. Его основная цель повысить конкурентоспособность технологии путем внесения коррективов в технологический процесс изготовления. Необходимо объективно оценить возможности конкурентов. Для этого необходима информация о следующем:

- характеристика проекта с точки зрения технологического процесса;
- преимущество перед конкурентными разработками;
- уровень завершенности научного исследования проекта;
- стоимость реализации проекта;
- степень продвижения на рынке;
- финансовые возможности конкурентов, прогнозы.

Анализ конкурентных технических решений для целей ресурсоэффективности дает возможность провести сравнительную оценку эффективности проектной технологии и определить направления для ее последующего улучшения.

Таблица 8 – Оценочная карта конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б <sub>ф</sub>	Б <sub>к1</sub>	Б <sub>к2</sub>	К <sub>ф</sub>	К <sub>к1</sub>	К <sub>к2</sub>
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1) Точность и прочность сварного шва	0,1	5	5	3	0,5	0,5	0,3
2) Скорость сварки	0,1	4	3	3	0,4	0,3	0,3
3) Экономия энергоресурсов	0,1	4	4	3	0,4	0,4	0,3
4) Простота эксплуатации	0,05	3	4	2	0,15	0,2	0,1
5) Безопасность эксплуатации	0,1	5	5	4	0,5	0,5	0,4
6) Универсальность	0,1	4	4	3	0,4	0,4	0,3
7) Экологичность	0,05	5	4	4	0,25	0,2	0,2
8) Производительность	0,1	4	3	4	0,4	0,3	0,4
9) Надежность	0,05	4	5	3	0,2	0,25	0,15
Итого по техническим критериям		38	37	29	3,2	3,05	2,45
Экономические критерии оценки эффективности							
1) Конкурентоспособность	0,05	3	5	4	0,15	0,25	0,2
2) Цена	0,1	3	4	4	0,3	0,4	0,4
3) Длительность использования	0,05	5	5	4	0,25	0,25	0,2
4) Гарантийное обслуживание	0,05	4	4	4	0,2	0,2	0,2
Итого по экономическим критериям		15	18	16	0,9	1,1	1
ВСЕГО	1	53	55	45	4,1	4,15	3,45

Расчитанные данные свидетельствуют, что технология сборки и сварки обечайки из стали марки 15Х2НМФА достаточно эффективна по техническим критериям, при этом недостаточно эффективна по экономическим критериям.

Преимуществом аргоновой сварки листа из стали марки 15Х2НМФА является надежная изоляция от окружающей среды, повышение качества и отсутствие нарушений кристаллической решетки в

соединенной поверхности, а также показательная тепловая мощность дугового разряда, что положительно сказывается на качестве и скорости сварки.

При этом предприятие уступает конкурентам, уже занявшим рыночную нишу и имеющим наработанную базу заказчиков.

Для продвижения продукции на рынок предприятию необходимо продумать рекламные и маркетинговые ходы.

### 4.1.3 SWOT – анализ

SWOT анализ – это определение сильных и слабых сторон проекта, выявление возможностей и угроз по его осуществлению. Этот анализ проводят для выявления внешней и внутренней среды проекта. Проводится этот анализ в три этапа.

#### Первый этап

Данный этап заключается в описании сильных и слабых сторон проекта, в выявлении возможностей и угроз для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде.

Сильные стороны проекта – это его факторы, которые характеризуют конкурентоспособную сторону научно–исследовательского проекта. Сильные стороны свидетельствуют о том, что у проекта есть отличительное преимущество или особые ресурсы, являющиеся особенными с точки зрения конкуренции.

К сильным сторонам проекта относятся:

- Повышение качества металла шва – С1;
- Облегчение сварки в положениях отличных от нижнего – С2;
- Повышение производительности труда – С3;
- Уменьшение требований к квалификации сварщика – С4.

К слабым сторонам проекта относятся:

- Более сложный подбор режимов сварки – Сл1;
- Большая нагрузка на глаза сварщика – Сл2;
- Необходимость в специальном оборудовании – Сл3.

К возможностям проекта относятся:

- Повышение спроса на данный вид сварки – В1;
- Привлечение внимания инвесторов – В2;
- Улучшение оборудования подходящего для данной технологии – В3.

К угрозам для проекта относятся:

- Дефицит сварщиков, удовлетворяющих требования к квалификации – У1;

- Недостаток финансов на переход к новой технологии – У2;

### Второй этап

Данный этап состоит в выявлении соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды. Это соответствие или несоответствие должны помочь выявить степень необходимости проведения стратегических изменений.

Таблица 9 – Интерактивная матрица проекта

Сильные стороны					
		С1	С2	С3	С4
Возможности	В1	+	-	+	+
	В2	+	-	+	+
	В3	-	-	-	-
Угрозы	У1	-	-	-	+
	У2	-	-	-	-
Слабые стороны					
		Сл1	Сл2	Сл3	
Возможности	В1	-	-	-	
	В2	-	+	+	
	В3	-	-	-	
Угрозы	У1	-	-	-	
	У2	-	-	+	

В ходе анализа интерактивных матриц получаем следующие записи сильно коррелирующих сторон и возможностей: В1С1С3, В2С1С3С4, У1С4, В2Сл2Сл3, У2Сл3.

### Третий этап

В рамках третьего этапа составлена итоговая матрица SWOT-анализа.

Таблица 10 – Итоговая матрица SWOT-анализа

	<p><b>Сильные стороны:</b>  С1. Повышение качества металла шва;  С2. Облегчение сварки в положениях отличных от нижнего;  С3. Повышение производительности труда;  С4. Уменьшение требований к квалификации сварщика.</p>	<p><b>Слабые стороны:</b>  Сл1. Более сложный подбор режимов сварки;  Сл2. Большая нагрузка на глаза сварщика;  Сл3. Необходимость в специальном оборудовании.</p>
--	---	--

## Продолжение таблицы 10

<p><b>Возможности:</b>  В1. Повышение спроса на данный вид сварки;  В2. Привлечение внимания инвесторов;  В3. Улучшение оборудования подходящего для данной технологии.</p>	<p>Повышение качества сварных соединений и производительности труда приведет к повышению спроса на данный вид сварки.  Также это может привлечь инвесторов, что позволит провести более масштабные исследования по данной теме.</p>	<p>Увеличение нагрузки на глаза сварщика может оттолкнуть инвесторов, не желающих вкладывать деньги в еще более вредное производство.  Необходимость в специальном оборудовании может оттолкнуть инвесторов желающих быстрой прибыли.</p>
<p><b>Угрозы:</b>  У1. Дефицит сварщиков, удовлетворяющих требования к квалификации;  У2. Недостаток финансов на переход к новой технологии;</p>	<p>Уменьшение требований к квалификации сварщиков позволит сократить затраты на производство, а более квалифицированных специалистов направить на более важные проекты.</p>	<p>Специальное оборудование как правило повышает цену на производство, что может затруднить или сделать невозможным переход на новую технологию.</p>

## 4.2 Планирование научно-исследовательских работ

### 4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Таблица 11 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Создание проекта	1	Составление и утверждение темы проекта	Научный руководитель
	2	Анализ актуальности темы	
Выбор направления исследования	3	Поиск и изучение материала по теме	Инженер
	4	Выбор направления исследований	Научный 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	Научный руководитель, инженер
	10	Вывод по цели	

## 4.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ

$$t_{ожi} = \frac{3t_{mini} + 2t_{maxi}}{5}, \quad (31)$$

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

$t_{mini}$  – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы

(оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

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

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях  $T_{pi}$ , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями. Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета

заработной платы, так как удельный вес зарплаты в общей сметной стоимости научных исследований составляет около 65 %.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{ч_i} \quad (32)$$

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

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

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

## 4.2.3 Разработка графика проведения научного исследования

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:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}} , \quad (33)$$

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

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

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

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} , \quad (34)$$

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.

$$k_{\text{кал}} = \frac{365}{365 - 104 - 14} = 1.47 \quad (35)$$

Все рассчитанные значения вносим в таблицу (табл. 11).

После заполнения таблицы 8 строим календарный план-график (табл. 12).

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 дня $T_{pi}$			Длительность работ в рабочих дня $T_{ki}$		
	$t_{min}$ , чел-дни			$t_{max}$ , чел-дни			$t_{ож}$ , чел-дни				Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3							
Составление и утверждение 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	Рук. – студ.	1	1	1	2	2	2
Поиск и изучение материала по теме	1	1	1	5	5	5	2,6	2,6	2,6	Студ.-рук.	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	Студ.-рук.	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 расчетов по теме	5	6	6	8	9	9	6,2	7,2	7,2	Инженер	7	8	8	10	11	11

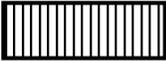
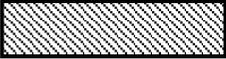
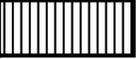
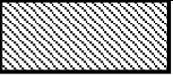
Продолжение таблицы 12

Анализ результатов	1	1	1	4	4	4	2,2	2,2	2,2	Студ.-рук.	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	Исполнител и	Т <sub>кi</sub> , кол. дн.	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	Рук.-студ.	2													
3	Поиск и изучение материала по теме	Руководитель	2													
4	Выбор направления исследований	Руководитель	2													

Продолжение таблицы 13

5	Календарное планирование работ	Руководитель	3									
6	Изучение литературы по теме	Инженер	15									
7	Подбор нормативных документов	Студ.-рук.	5									
8	Изучение установки	Инженер	6									
9	Моделирование установки	Инженер	3									
10	Изучение результатов	Инженер	3									
11	Проведение расчетов по теме	Инженер	10									
12	Анализ результатов	Студ.-рук.	2									
13	Вывод по цели	Инженер	1									



- Инженер;



Руководитель

#### 4.2.4 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

При планировании бюджета НТИ должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением.

В процессе формирования бюджета НТИ, как правило, используется следующая группировка затрат по статьям:

- материальные затраты НТИ;
- затраты на оборудование;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- накладные расходы.

#### 4.2.5 Расчет материальных затрат НТИ

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расхi} \quad (36)$$

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

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

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

$k_T$  – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

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

Таблица 14 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество			Цена за ед., руб.			Затраты на материалы, (З <sub>м</sub> ), руб.		
		Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Св-ые электроды	Кг.	0,5	0,5	0,5	80	80	80	63	63	63
ПГ, СГ, ЗГ	Лит.	1	1	1	12	12	12	18	18	18
Итого:								81	81	81

#### 4.2.6 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 по конкретной теме.

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

Таблица 15 – Расчет бюджета затрат на приобретение спецоборудования для научных работ

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования			Цена 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	30	30	30	40	40	40
Итого:								40	40	40

#### 4.2.7 Основная и дополнительная заработная плата исполнителей темы

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 сводится в табл. 16.

Таблица 16 – расчет основной заработной платы

№ п/п	Наименование этапов	Исполнители по категория	Трудоемкость, чел.-дн.			Заработная плата, приходящаяся на			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	3,6			8	8	8
2.	Анализ актуальности темы	Рук.-студ.	1	1	1	4,4			5	5	5
3.	Поиск и изучение материала по теме	Студ.-рук.	1	1	1	4,4			5	5	5
4.	Выбор направления исследований	Руководитель	1	2	2	3,6			4	8	8
5.	Календарное планирование работ	Руководитель	2	2	2	3,6			8	8	8
6.	Изучение литературы по теме	Инженер	10	10	10	0,8			8,9	8,9	8,9
7.	Подбор нормативных документов	Студ.-рук.	3	4	4	4,4			14,8	19,7	19,7
8.	Изучение установки	Инженер	4	6	6	0,8			3,6	5,4	5,4
9.	Модернизация установки	Инженер	2	3	4	0,8			1,8	2,7	3,6
10.	Анализ результатов	Студ.-рук.	2	2	2	4,4			9,8	9,8	9,8
11.	Вывод по цели	Инженер	3	3	3	0,8			2,7	2,7	2,7
Итого:									69,7	74,2	75,1

Проведем расчет заработной платы относительно того времени, в течение которого работал руководитель и инженер. Принимая во внимание, что за час работы руководитель получает 450 рублей, а инженер 100 рублей (рабочий день 8 часов).

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}, \quad (37)$$

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

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

Максимальная основная заработная плата руководителя (кандидата технических наук) равна примерно 48000 рублей, а инженера 31700 рублей.

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$Z_{доп} = K_{доп} \cdot Z_{осн}, \quad (38)$$

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

Таким образом, заработная плата руководителя равна 53760 рублей, инженера – 35504 рублей.

#### **4.2.8 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)**

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

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{внеб} = k_{внеб} \cdot (Z_{осн} + Z_{доп}), \quad (39)$$

где  $k_{внеб}$  – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды

(пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

На 2014 г. в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%. (таблица 17)

Для сотрудников Томского Политехнического Университета этот коэффициент составляет 30,2%.

Таблица 17 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Научный руководитель	48000	5760
Бакалавр	31700	3804
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,302	
<b>Итого:</b>	<b>26957,7</b>	

#### 4.2.9 Накладные расходы

Величина накладных расходов определяется по формуле:

$$Z_{\text{накл}} = \left( \sum \text{статей} \right) \cdot K_{\text{нр}}, \quad (40)$$

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

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

Исполнение 1:

$$Z_{\text{накл}} = 152523,8 \cdot 0,16 = 24403,8 \text{ руб.}$$

Исполнение 2:

$$Z_{\text{накл}} = 158136 \cdot 0,16 = 25301,8 \text{ руб.}$$

Исполнение 3:

$$Z_{\text{накл}} = 159861,98 \cdot 0,16 = 25577,92 \text{руб.}$$

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

Таблица 18 – Расчет бюджета затрат НИИ

Наименование статьи	Сумма, руб.	Примечание
	Исп.1	
1. Материальные затраты НИИ	5103	Пункт 1.4.5
2. Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	40000	Пункт 1.4.6
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	79700	Пункт 1.4.7
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	16700	Пункт 1.4.7
5. Отчисления во внебюджетные фонды	26957,7	Пункт 1.4.8
6. Накладные расходы	24550,1	16% от суммы ст. 1-5
7. Бюджет затрат НИИ	205874,8	Сумма ст.1-6

### 4.3 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:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (41)$$

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

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

$\Phi_{\text{max}}$  – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп1}} = \frac{415056,7}{415056,7} = 1; I_{\text{финр}}^{\text{исп2}} = \frac{315033,8}{415056,7} = 0,76; I_{\text{финр}}^{\text{исп3}} = \frac{343102,5}{415056,7} = 0,83.$$

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

$$I_{pi} = \sum a^i \cdot b^i \quad (42)$$

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

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

$b_i^a, b_i^p$  – 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.18).

Таблица 19 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта.

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1.Сварочный материал	0,25	5	3	4
2.Удобство в эксплуатации	0,25	5	2	3
3.ПГ, СГ,ЗГ	0,15	4	4	4
4.Модернизация установки	0,35	4	5	5
Итого	1	4,5	3,15	3,8

$$I_{p-исп1} = 5 \cdot 0,25 + 5 \cdot 0,25 + 4 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,35 = 4,5 ;$$

$$I_{p-исп2} = 3 \cdot 0,25 + 2 \cdot 0,25 + 4 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,35 = 3,15 ;$$

$$I_{p-исп3} = 4 \cdot 0,25 + 3 \cdot 0,25 + 4 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,35 = 3,8 ;$$

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

$$I_{исп.i} = \frac{I_{p-исп.i}}{I_{финр.i}}, \quad (43)$$

$$I_{исп1} = \frac{4.5}{1} = 4.5; \quad I_{исп2} = \frac{3.15}{0.76} = 4.14; \quad I_{исп3} = \frac{3.8}{0.83} = 4.57 .$$

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

$$\mathcal{E}_{ср} = \frac{I_{исп.i}}{I_{исп.max}} \quad (44)$$

Таблица 20– Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Исп.1	Исп.2	Исп.3
-------	------------	-------	-------	-------

Продолжение таблицы 20

1	Интегральный финансовый показатель разработки	1	0,76	0,83
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,5	3,15	3,8
3	Интегральный показатель эффективности	4,5	4,14	4,57
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,89	0,98

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

#### 4.4 Выводы по разделу.

В данном разделе выполнен анализ ресурсоэффективности и ресурсосбережения научно-исследовательской работы – разработки технологии сборки и дуговой сварки листов из легированной стали 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 НТИ, который составил 177988,8 руб., на зарплату приходится 39,1 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 НТИ, 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 – 53760 руб., заработная плата инженера – 35504 руб. В основную заработную плату внесена премия, которая выплачивается каждый месяц в размере 30 % от оклада.

Накладные и прочие расходы составили в сумме 24403,8 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 ручная дуговая сварка 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**

Выполнение работ по сборке и сварке листов происходит на отведенном участке в производственном цехе. Листы из стали 15Х2НМФАа применяются для изготовления поковок, листов (плит), листовых и штампованных заготовок, предназначенных для изготовления корпусов, крышек и других узлов реакторных установок и деталей энергетического машиностроения.

### **5.2 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при разработке проектного решения**

Согласно ТК РФ, N 197 –ФЗ [18] работник имеет право на:

- рабочее место, соответствующее требованиям охраны труда;
- обязательное социальное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний в соответствии с федеральным законом;
- отказ от выполнения работ в случае возникновения опасности для его жизни и здоровья вследствие нарушения требований охраны труда, за исключением случаев, предусмотренных федеральными законами, до устранения такой опасности;
- обеспечение средствами индивидуальной и коллективной защиты в соответствии с требованиями охраны труда за счет средств работодателя;
- внеочередной медицинский осмотр в соответствии с медицинскими рекомендациями с сохранением за ним места работы (должности) и среднего заработка во время прохождения указанного медицинского осмотра.

В трудовом законодательстве РФ закреплён комплекс мер, которые призваны компенсировать работнику риски, связанные с вредными условиями труда.

К их числу относятся:

- дополнительный оплачиваемый отпуск;
- сокращение продолжительности рабочей смены;
- доплата к основному окладу в размере 4%;
- бесплатное санаторно-курортное лечение;
- обеспечение средствами индивидуальной защиты;
- возмещение в натуральной форме, включая бесплатное питание и выдачу молока;
- снижение возрастной планки при выходе на пенсию.

### 5.3 Производственная безопасность при разработке проектного решения

В данном пункте анализируются вредные и опасные факторы, которые могут возникать при проведении заготовительных, а затем сварочных работ.

В данном подразделе разрабатывались решения, обеспечивающие снижение влияния выявленных опасных и вредных факторов на работающих. Также предлагаются мероприятия, обеспечивающие безопасность технологического процесса и эксплуатации оборудования.

Также рассмотрели требования безопасности, предъявляемые ко всем видам работ, установкам и устройствам, формирующим опасные факторы.

Для выбора факторов используется ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» [20]. Перечень опасных и вредных факторов, характерных для проектируемой производственной среды приведен в таблице 20.

Таблица 21 – Возможные опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разработ ка	Изготовл ение	Эксплуа тация	

Продолжение таблицы 21

1.Отклонение показателей микроклимата,	+	+	+	СанПиН 2.2.4.548-96[5]
2.Повышенный уровень шума и вибрации		+		ГОСТ 12.1.003-2014 [6]
3.Термическая опасность	+	+	+	ГОСТ 12.3.003-86 ССБТ [3]
4. Освещённость рабочей зоны	+	+		СНиП 23-05-95* [7]
5. Опасность поражения электрическим током, короткое замыкание, статическое эл-во.	+	+		ГОСТ 12.1.019-2017 ССБТ [8]
6. Вредные вещества, выделяющиеся в процессе сварки.	+	+		ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ [9]
7. Ожоги роговицы глаз и кожных покровов		+		ГОСТ 12.4.254-2013 ССБТ [10]
8. Движущиеся механизмы и машины	+	+		ГОСТ 12.2.003-91 ССБТ [11]
9. Механические травмы	+	+	+	ГОСТ 12.4.125-83 ССБТ [12]

**5.3.1 Отклонение показателей воздушной среды**

По уровню энерготрат работы в сварочном цеху относятся к категории Пб с интенсивностью энерготрат 201-250 ккал/ч (233-290 Вт),

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

Таблица 22 – Оптимальные нормы микроклимата в рабочей зоне производственных помещений (согласно СанПиН 2.2.4.548-96)

Период года	Категория работ по уровню энерготрат	Температура воздуха, °С	Температура поверхности, °С	Относительная влажность воздуха	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный Теплый	Пб	17-19	16-20	60-40	0,2
		19-21	18-22	60-40	0,2

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

Микроклимат помещения соответствует оптимальным показателям, а именно относительная влажность воздуха – (42-57) %, скорость движения воздушных потоков – менее 0,2 м/с, температура воздуха в теплый период – (+19-21) °С, температура воздушных потоков в холодное время года – (+17-19) °С

### 5.3.2 Повышенный уровень шума

Основными источниками шума при проведении заготовительных и сборочно-сварочных операций являются станки для обработки металла, подвижные передвигающиеся части машин и механизмов, сварочная дуга и шум, издаваемый источником питания сварочной дуги.

Допустимая норма уровня шума регламентируется согласно следующему документу – ГОСТ 12.1.003-2014 [22]. Максимальный уровень шума, величина которого колеблется во времени и прерывается, не должна превышать 50-55 дБА.

Максимальный уровень для импульсного шума не должен превышать 125 дБА. Максимальный уровень шума на рабочем месте сварщика не должен превышать 75 дБА.

Для снижения шума в производственных помещениях применяют различные методы коллективной защиты по ГОСТ 12.1.029 [29]. Этими мерами являются:

- уменьшение уровня шума в источнике его возникновения;
- рациональное размещение оборудования;
- борьба с шумом на путях его распространения, в том числе изменение направленности излучения шума;
- использование средств звукоизоляции и звукопоглощения.

Согласно [14] уровень шума на рабочем сборочно-сварочном участке цеха составляет не более 75 дБА и соответствует нормам.

### **5.3.3 Освещённость рабочей зоны**

Основной задачей производственного освещения является поддержание на рабочем месте освещённости, соответствующей характеру зрительной работы.

Для освещения производственного 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  $10... 30^\circ$ .

Рациональное освещение имеет большое значение для высокопроизводительной и безопасной работы. Нормирование значений освещённости рабочей поверхности при сварочных работах помещения составляет 200 лк [23].

Недостаточная освещённость может быть вызвана ошибочным расположением ламп в помещении, отсутствием окон в помещении, не

правильным выбором количества осветительных приборов и не рациональной нагрузкой на них электрического тока. Данный фактор может стать причиной неадекватного восприятия человека технологического процесса, его утомления, а также вызвать пульсирующие головные боли.

Для производственных помещений, а также научно-технических лабораторий коэффициент пульсаций освещенности ( $K_{\text{П}}$ ) должен быть не больше 10%. Коэффициент естественного освещения для сварочных и сборочно-сварочных работ должен быть не менее 1,5 % при боковом и 5 % при верхнем или комбинированном освещении [31].

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.

Согласно [30] световая среда в производственном цехе предприятия ООО «Томскнефтехим» соответствует допустимым нормам.

#### **5.3.4 Опасность поражения электрическим током, короткое замыкание, статическое эл-во.**

Поражение электрическим током возникает при замыкании электрической цепи сварочного аппарата через тело человека, которое может привести к летальному исходу.

Источниками возникновения фактора, то есть основными непосредственными причинами электротравматизма, являются:

- прикосновение к токоведущим частям электроустановки, находящейся под напряжением;
- прикосновение к металлическим конструкциям электроустановок, находящимся под напряжением;

- ошибочное включение электроустановки или несогласованные действия обслуживающего персонала.

Для предупреждения поражения электрическим током во время проведения электросварочных работ необходимо соблюдать следующие условия:

- корпуса источников питания дуги, сварочного вспомогательного оборудования и свариваемые заготовки должны быть надежно заземлены. Заземление осуществляется медным проводом, один конец которого закрепляется к корпусу источника питания дуги к специальному болту с надписью «земля», а второй конец присоединяется либо к общей заземляющей шине, либо к металлическому штырю, вбитому в землю;

- для подключения источников сварочного тока к сети должны использоваться настенные ящики с рубильниками, предохранителями и зажимами;

- заземление передвижных источников питания производится до их включения в силовую сеть, а снятие заземления – только после отключения от силовой сети;

- все сварочные провода должны иметь исправную изоляцию и соответствовать применяемым токам. Применение проводов с поврежденной изоляцией категорически запрещается;

- спецодежда электросварщика должна быть сухой и исправной. Куртка, брюки, фартук и рукавицы должны быть из брезента или сукна. Ботинки или кожаные сапоги должны иметь кожаную подошву, прикрепленную деревянными гвоздями.

Рабочее место сварщика должно быть оборудовано и выполнено в соответствии с требованиями ПУЭ и ГОСТ 12.1.019-2017 [26].

Для предупреждения электротравматизма необходимо проводить соответствующие организационные и технические мероприятия:

- оформление работы нарядом или устным распоряжением;
- проведение инструктажей и допуск к работе;

- надзор во время работы.

Для предотвращения поражения электрическим током в производственном цехе предприятия ООО «Томскнефтехим», оборудование оснащено защитным заземлением, занулением в соответствии с техническими требованиями по эксплуатации.

По опасности поражения электрическим током производственный цех предприятия ООО «Томскнефтехим» относится к первому классу – помещения без повышенной опасности (сухое, хорошо отапливаемое, помещение с токонепроводящими полами, с относительной влажностью воздуха 40-50%).

### **5.3.5 Вредные вещества, выделяющиеся в процессе сварки.**

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

При ручной 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 в воздухе (в мг/м<sup>3</sup>): 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.

Концентрация нетоксичной пыли более 10 мг/м<sup>3</sup> не допускается. Однако если содержание кварца в пыли превышает 10%, то концентрация нетоксичной пыли допускается только до 2 мг/м<sup>3</sup>.

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 [24].

Согласно [30] показатели концентрации токсичных веществ на рабочем месте сборочно-сварочного участка цеха не превышает допустимые значения и соответствует нормам.

### **5.3.6 Ожоги роговицы глаз и кожных покровов**

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.

Ультрафиолетовые лучи при действии даже в течение нескольких секунд вызывают заболевание глаз, называемое электрофтальмией. Оно сопровождается острой болью, резью в глазах, слезотечением, спазмами век. Более продолжительное облучение ультрафиолетовыми лучами вызывает ожоги кожи и роговиц глаз. Инфракрасные лучи при длительном воздействии вызывают помутнение хрусталиков глаза (катаракту). После 20-25 минут работы со сваркой необходимо делать перерыв, чтобы снизить негативное воздействие ультрафиолетового излучения.

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. В комплект защитной одежды входят костюм и рукавицы, изготовленные из брезентового материала.

Индивидуальные и коллективные средства защиты от поражения ультрафиолетовым излучением должны соответствовать требованиям ГОСТ 12.4.254-2013 ССБТ [25].

### **5.3.7 Движущиеся механизмы и машины**

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

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 [27].

Конструкция производственного оборудования должна исключать на всех предусмотренных режимах работы нагрузки на детали и сборочные единицы, способные вызвать разрушения, представляющие опасность для работающих [27].

Если возможно возникновение нагрузок, приводящих к опасным для работающих разрушениям отдельных деталей или сборочных единиц, то производственное оборудование должно быть оснащено устройствами, предотвращающими возникновение разрушающих нагрузок, а такие детали и сборочные единицы должны быть ограждены или расположены так, чтобы их разрушающиеся части не создавали травмоопасных ситуаций [27].

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 [27].

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 [27].

Если функциональное назначение движущихся частей, представляющих опасность, не допускает использование ограждений или других средств,

исключающих возможность прикосновения работающих к движущимся частям, то конструкция производственного оборудования должна предусматривать сигнализацию, предупреждающую о пуске оборудования, а также использование сигнальных цветов и знаков безопасности [27].

В непосредственной близости от движущихся частей, находящихся вне поля видимости оператора, должны быть установлены органы управления аварийным остановом (торможением), если в опасной зоне, создаваемой движущимися частями, могут находиться работающие [27].

### **5.3.8 Термическая опасность**

Источником воздействия этого фактора становится работа со сварочным оборудованием в процессе сборки конструкции. Воздействие данного фактора на человека может быть выражено возникновением ожогов вплоть до 4, самой высшей, степени тяжести. Так как температура дуги в процессе сварки достигает 7000 °С, что выше температуры плавления всех существующих металлов. Тепло, распространяющееся в процессе сварки, обеспечивает нагрев всего металла конструкции, который находится вблизи места сваривания частей конструкции.

Для минимизации данного фактора следует руководствоваться ГОСТ 12.3.003-86 ССБТ [19]. Общие требования этого стандарта заключаются в том, что к выполнению сварочных работ допускаются работники в возрасте не моложе 18 лет, прошедшие обучение, инструктаж и проверку знаний по охране труда, освоившие безопасные методы и приемы выполнения работ, методы и приемы правильного обращения с приспособлениями, инструментами и грузами.

В случае возникновения в процессе сварки каких-либо вопросов, связанных с ее безопасным выполнением, работник должен обратиться к своему непосредственному или вышестоящему руководителю.

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

#### **5.4 Экологическая безопасность при разработке проектного решения**

В данном разделе рассматривается характер воздействия проектируемого решения на окружающую среду. Выявляются предполагаемые источники загрязнения окружающей среды, возникающие в результате реализации предлагаемых в ВКР решений [17].

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 [33].

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 [34].

Утилизация микросхем осуществляется в соответствии с ГОСТ Р 55102-2012 [32].

Устройство, вышедшее из эксплуатации, согласно ГОСТ Р 55102-2012 должно пройти следующие стадии: сбор, хранение, транспортирование и разборка ОЭЭО (отработавшее электротехническое и электронное оборудование) [32].

#### **5.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях при эксплуатации**

В соответствии с ТР «О требованиях пожарной безопасности» для административного жилого здания требуется устройство внутреннего противопожарного водопровода [36].

Согласно НПБ 104-03 для оповещения о возникновении пожара в каждом помещении должны быть установлены дымовые оптико-электронные автономные пожарные извещатели, а оповещение о пожаре должно

осуществляться подачей звуковых и световых сигналов во все помещения с постоянным или временным пребыванием людей [35].

Согласно СП 12.13130.2009 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности» помещение, предназначенное для разработки, изготовления и эксплуатации результатов проекта, относится к типу П-2а. Данным обозначением характеризуются зоны, расположенные в помещениях, в которых обращаются твердые горючие вещества в количестве, при котором удельная пожарная нагрузка составляет не менее 1 мегаджоуля на квадратный метр [37].

В случае возникновения пожара необходимо выполнить следующие действия:

- принять меры к вызову на место пожара группу пожарных, а также непосредственного руководителя или других должностных лиц;
- оповестить персонал производственного помещения и принять меры к тушению очага пожара;
- горящие части электроустановок и электропроводку, находящиеся под напряжением, тушить углекислотным огнетушителем.

В случае срабатывания системы пожарных извещателей необходимо обесточить электрооборудование, отключить систему вентиляции, принять меры тушения (на начальной стадии) и обеспечить срочную эвакуацию сотрудников в соответствии с планом эвакуации, который представлен в производственном цехе предприятия ООО «Томскнефтехим».

## **5.6 Выводы по разделу**

В данной части ВКР были рассмотрены опасные и вредные факторы для работника в процессе разработки, сборки и эксплуатации технологии сборки и дуговой сварки труб из разнородных сталей. На основе полученных данных были найдены способы уменьшения влияния вредных факторов и способы устранения

опасных. Так же были разработаны меры по уменьшению негативного влияния факторов производства на здоровье человека и окружающую среду.

В случае внедрения вышеизложенных методов возможно предотвращение влияния вредных и опасных факторов на человека и экологию. Данная часть ВКР и выводы в процессе написания имеют огромную важность, целью которой является создание безопасных условий для человека и окружающей среды.

Сборочно-сварочный участок производственного цеха ООО «Томскнефтехим» соответствует нормам и требованиям нормативно-технической документации и системам стандартов безопасности труда.

## **Заключение**

Итогом выполнения выпускной квалификационной работы является разработанная технология изготовления соединения из листов стали толщиной 20 мм, сваренных встык ручной дуговой сваркой, элементы которой изготовлены высоколегированной теплоустойчивой стали 15Х2НМФА.

В ходе разработки технологии совершен выбор сварочных материалов, определен тип, конструктивные размеры и элементы разделки кромок, произведен расчет параметров режима сварки покрытыми электродами, дана расчетная оценка ожидаемого химического состава металла шва, назначена термообработка места стыка до и после сварки, сделан расчет расхода сварочных материалов, требуемых для изготовления конструкции, описаны подготовительные мероприятия перед сборкой и сваркой, выполнен подбор сварочного оборудования, предложены меры по борьбе с деформациями и напряжениями, возникающими после сваривания конструкции, приведены методы контроля изготовленной конструкции, а также оформлен комплект технологической документации, содержащий все необходимые для изготовления конструкции рекомендации.

При соблюдении изложенного в данной работе материала и рекомендаций можно обеспечить благоприятное формирование сварного шва, равнопрочность и долговечность сварного соединения.

Однако до начала производственных работ по рассчитанным и назначенным режимам требуется проверка их на практике.

По рассчитанным показателям экономической оценки ресурсоэффективности и ресурсосбережения можно уверенно сделать вывод о том, что использование ручной дуговой сварки покрытыми электродами в разрабатываемой технологии считается экономически выгоднее других способов сварки.

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 используемых источников

1. Акулов А.Н. Технология и оборудование сварки плавлением./ А.Н. Акулов, А.К. Бельчук, В.П. Демянцевич– М.: Машиностроение, 1977. – 432 с.
2. Патон Б.Е. Технология электрической сварки металлов и сплавов плавлением / Б.Е Патон.– М.: Машиностроение, 1974. – 768 с.
3. Николаев Г.А. Сварка в машиностроении: справочник в 4-х томах / Г.А. Николаев. – М.: Машиностроение, 1978. – 1979.
4. Никифорова Г.Д. Технология и оборудование сварки плавлением /Г.Д. Никифорова. – М.: Машиностроение, 1986. – 320 с.
5. Петров Г.Л. Сварочные материалы./ Г.Л. Петров– Л.: Машиностроение, 1972. – 256 с.
6. Смирнова В.В. Оборудование для дуговой сварки: справочное пособие / В.В. Смирнова. – Л.: Энергоатомиздат, 1986. – 656 с.
7. Розаренов Ю.Н. Оборудование для электрической сварки плавлением./ Ю.Н. Розаренов– М.: Машиностроение, 1987. – 208 с.
8. Чвертко А.И. Оборудование для механизированной дуговой сварки и наплавки./ А.И. Чвертко– М.: Машиностроение, 1981. – 264 с.
9. Акулов А.И. Технология и оборудование сварки плавлением и термической резки./ А.И. Акулов– М.: Машиностроение, 2003. – 560 с.
10. Виноградов В.С. Оборудование и технология дуговой автоматической и механизированной сварки./ В.С. Виноградов– М.: Высш. шк.; Академия, 1997. – 352 с.
11. Потапова Н.Н. Сварочные материалы для дуговой сварки: справочник в 2-х томах / Н.Н. Потапова. – М.: Машиностроение, 1989. – 1990.
12. Банов М.Д., Сварка и резка материалов/ М.Д., Банов, Ю.В. Казаков, М.Г. Козулин– М.: Академия, 2007-400 с.
13. Смирнов И.В. Сварка специальных сталей и сплавов: Учебное пособие.2-е изд., испр., и доп./ И.В. Смирнов – СПб.: Лань, 2012-272 с.
14. Ланская, К.А. Жаропрочные стали./ К.А. Ланская – М.: Metallurgy, 1969- 245 с.

15. Медовар Б.И. Сварка хромоникелевых астенитных сталей./ Б.И. Медовар– Киев: Гос. науч.-тех. Изд. Машиностроительной литературы, 1958. – 337 с.
16. Маркова, С.И. Публичная библиотека в системе непрерывного библиотечно-информационного образования : дис. канд. тех. наук / С. И.Маркова – М.: Академия, 2012.– 35 с.
17. Пашков Е.Н. Методические указания по разработке раздела «Социальная ответственность» выпускной квалификационной работы магистра, специалиста и бакалавра всех направлений (специальностей) и форм обучения ТПУ, кроме Экономика, Менеджмент./ Е.Н. Пашков, А.И. Сечин, И.Л. Мезенцева – Томск: Изд-во ТПУ, 2019. – 24 с.
18. «Трудовой кодекс Российской Федерации» от 30.12.2001 N 197 – ФЗ (ред. от 30.04.2021).
19. ГОСТ 12.3.003-86. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Работы электросварочные. Требования безопасности.
20. ГОСТ 12.0.003-2015. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.
21. СанПиН 2.2.4.548-96. Физические факторы производственной среды. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
22. ГОСТ 12.1.003-2014. Система стандартов безопасности труда. ШУМ. Общие требования безопасности.
23. СНиП 23-05-95. Естественное и искусственное освещение.
24. ГОСТ 12.1.005-88. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей среды.
25. ГОСТ 12.4.254-2013. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Средства индивидуальной защиты глаз и лица при сварке и аналогичных процессах.

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

27. ГОСТ 12.2.003-91. Система стандартов безопасности труда (ССБТ).  
Оборудование производственное. Общие требования безопасности.

28. ГОСТ 12.4.125-83. Система стандартов безопасности труда (ССБТ).  
Средства коллективной защиты работающих от воздействия механических факторов. Классификация.

29. ГОСТ 12.1.029. Система стандартов безопасности труда (ССБТ).  
Средства и методы защиты от шума. Классификация.

30. Специальная оценка условий труда ООО «Томскнефтехим». Перечень рекомендуемых мероприятий по улучшению условий труда.

31. ГОСТ 33393-2015. Здания и сооружения. Методы измерения коэффициента пульсации освещенности.

32. ГОСТ Р 55102-2012. Ресурсосбережение. Обращение с отходами.  
Руководство по безопасному сбору, хранению, транспортированию и разборке отработавшего электротехнического и электронного оборудования, за исключением ртутьсодержащих устройств и приборов.

33. ГОСТ Р 52105-2003. Ресурсосбережение. Обращение с отходами.  
Классификация и методы переработки ртутьсодержащих отходов. Основные положения.

34. ГОСТ Р 55090-2012. Ресурсосбережение. Обращение с отходами.  
Рекомендации по утилизации отходов бумаги.

35. НПБ 104-03. Проектирование систем оповещения людей о пожаре в зданиях и сооружениях.

36. ТР. О требованиях пожарной безопасности.

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

**Приложение А**  
**(обязательное)**  
**Комплект технологической документации**

Дубл.																				
Взам.																				
Подл.																				

ФЮРА.02100.091

10

1

ТПУ

ФЮРА.02100.001

Стыковое сварное соединение листов из стали толщиной 20 мм.

У

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.

02.06.2022 г.

УТВЕРДИЛ

Доцент ОЭИ ИШНКБ

Першина А.А.

02.06.2022 г.

КОМПЛЕКТ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ  
на единичный технологический процесс изготовления стыкового сварного соединения  
листов толщиной 20 мм из стали 15Х2НМФА

ПРОКОНТРОЛИРОВАЛ

Доцент ОЭИ ИШНКБ

Киселёв А.С.

02.06.2022 г.

РАЗРАБОТАЛ

Студент группы 1В81

Штабель Д.О.

01.06.2022 г.

Акт №1 от 01.06.2022 г.

ГОСТ 19903-2015

ТЛ

Титульный лист

91

ГОСТ 3.1105-84

Форма 7

ФЮРА.02190.091

2

1

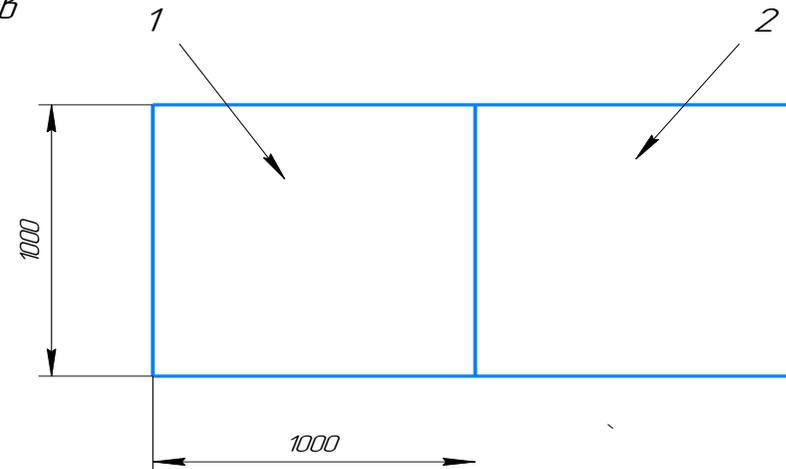
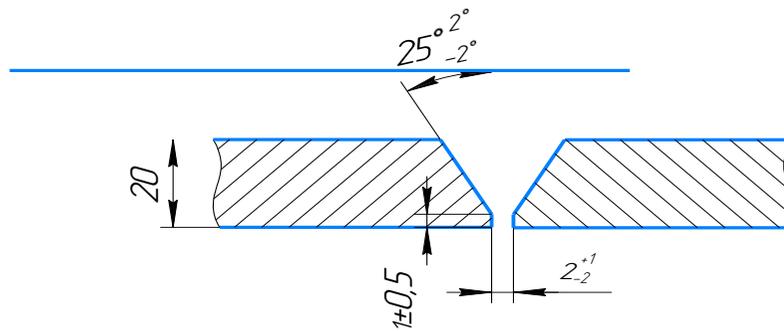
ФЮРА.20190.002

Стыковое сварное соединение пластин из стали 15Х2НМФА толщиной 20 мм

У

010

## Сборка стыка двух листов



Примечание: Перед сборкой и сваркой труб необходимо:

-прокат листов выдерживается в соответствии с ГОСТ 19903-2015

-произвести визуальный осмотр поверхности листов

-выпрямить или отрезать деформированные концы и повреждения поверхности листов;

-очистить до чистого металла кромки и прилегающие к ним внутреннюю и наружную поверхности листов на ширину не менее 10 мм.

Допускается правка плавных вмятин на торцах листов

Допускается ремонт сваркой задоин и задирав фасок глубиной до 5 мм. Края листа с задоинами и задирами фасок глубиной более 5 мм следует обрезать.

Не для коммерческого использования

20















